



**TUGAS AKHIR - TJ141502**

**IDENTIFIKASI AYAT PADA BACAAN MENGGUNAKAN  
METODE *DYNAMIC TIME WARPING* BERDASARKAN  
FITUR *MEL FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENT*  
UNTUK SISTEM TUTORIAL HAFALAN AL-QURAN**

Hasbiya Diona Arani  
NRP 2913 100 013

Dosen Pembimbing  
Dr. Diah Puspito Wulandari, S.T., M.Sc  
Prof. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**FINAL PROJECT - TJ141502**

**IDENTIFICATION OF VERSES RECITATION USING  
DYNAMIC TIME WARPING BASED ON MEL  
FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENT FOR QURAN  
MEMORIZER TUTORIAL SYSTEM**

Hasbiya Diona Arani  
NRP 2913 100 013

Advisor  
Dr. Diah Puspito Wulandari, S.T., M.Sc  
Prof. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc

Departement of Computer Engineering  
Faculty of Electrical Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi (sebagian maupun keseluruhan) tugas akhir saya dengan judul “**Identifikasi Ayat pada Bacaan Menggunakan Metode *Dynamic Time Warping* Berdasarkan Fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* untuk Sistem Tutorial Hafalan Al-Quran**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2017

Hasbiya Diona Arani

NRP. 2913100013

## LEMBAR PENGESAHAN

**Identifikasi Ayat pada Bacaan Menggunakan Metode *Dynamic Time Warping* Berdasarkan Fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* untuk Sistem Tutorial Hafalan Al-Quran**

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh : Hasbiya Diona Arani (NRP: 2913100013)

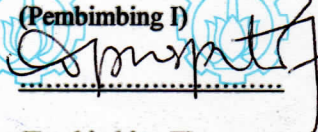
Tanggal Ujian : 13 Juli 2017

Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh:

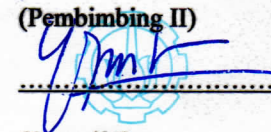
Dr. Diah Puspito W. ST., M.Sc.  
NIP: 198012192005012001

(Pembimbing I)



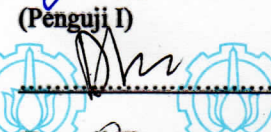
Prof. Dr. Ir. Yoyon K. S. M.Sc.  
NIP: 195409251978031001

(Pembimbing II)



Dr. Adhi Dharma W. ST., MT.  
NIP: 197605052008121003

(Penguji I)



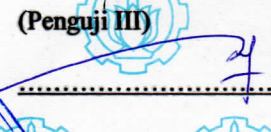
Eko Pramunanto, ST., MT.  
NIP: 196612031994121001

(Penguji II)



Arief Kurniawan, ST., MT.  
NIP: 197409072002121001

(Penguji III)



Mengetahui  
Kepala Departemen Teknik Komputer

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.  
NIP. 196907301995121001

# ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Hasbiya Diona Arani  
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Ayat pada Bacaan Menggunakan Metode *Dynamic Time Warping* Berdasarkan Fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* untuk Sistem Tutorial Hafalan Al-Quran  
Pembimbing : 1. Dr. Diah Puspito Wulandari, ST., M.Sc.  
2. Prof. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.

Penelitian ini menerapkan metode pengenalan sinyal wicara untuk membangun sebuah sistem yang membantu para penghafal Al-Quran untuk menambah atau memelihara hafalannya diluar kelas (tidak didampingi oleh guru). Fitur yang digunakan adalah *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) untuk menghasilkan sebuah ciri dari sinyal bacaan. Fitur dari sinyal masukan dibandingkan dengan fitur dari ayat-ayat Al-Quran yang disimpan dalam sistem menggunakan metode *Dynamic Time Warping* (DTW). Hasil identifikasi ayat pada bacaan dilihat dari ayat yang jaraknya paling dekat dengan sinyal masukan.

Masukan berupa rekaman surah-surah di Al-Quran yang diterima secara utuh dan berkesinambungan. Pengujian pada penelitian ini dilakukan pada surah pendek pilihan yaitu Q.S. An-naas:1, Q.S. Al-falaq:1, Q.S. Al-ikhlas, dan Al-falaq:1. Data dibagi menjadi data uji dan data acuan. Acuan diambil dari rekaman dua laki-laki dan dua perempuan yang sudah diketahui ketepatan bacaannya.

Pengujian dilakukan empat pembaca dengan 28 acuan. Hasil pengujian memperlihatkan akurasi 89,29 % pada pengujian acuan jenis kelamin campuran dan ekstraksi MFCC. Pengujian dengan metode ekstraksi STFT menghasilkan akurasi 82,14 %, sedangkan pada pengujian acuan diluar database yaitu 53,57 %. Ayat yang paling banyak teridentifikasi sesuai yaitu Q.S. Al-ikhlas:3 dan Q.S. Al-kafirun:1 dengan persentase sebesar 80,56 %.

Kata Kunci : *Speech Recognition*, *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC), *Dynamic Time Warping* (DTW), Al-Quran.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# ABSTRACT

Name : Hasbiya Diona Arani  
Title : *Identification of Verses Recitation using Dynamic Time Warping Based on Mel Frequency Cepstral Coefficient for Quran Memorizer Tutorial System*  
Advisors : 1. Dr. Diah Puspito Wulandari, ST., M.Sc.  
2. Prof. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.

*This research applies the method of speech signal recognition to build a system that helps the interfere of the Quran to increase or maintain the memorizer outside the class (not accompanied by a teacher). The feature used in this research is Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) to produce a characteristic signal of the readings. Features of the input signal compared with the features of some verses of the Quran which are stored in the system using Dynamic Time Warping (DTW). The identification result of verses seen from the closest distance to the input signal.*

*The input signals consist of the readings of several verses of the Quran which were recorded and then recognized continuously. Data are limited by the selection of short verses which are Q.S.A-Naas:1, Q.S.Alfalaq:1, Q.S.Al-ikhlas, and Q.S.Al-falaq:1. Data are divided to the test data and reference data. The Reference data is taken from recording of two men and two women who were already known for the accuracy of the reading.*

*The testing is done by four readers with 28 reference data. The result of test show the accuracy 89,29% on composite gender reference data and MFCC feature extraction. The accuracy result of testing with STFT feature extraction is 82,14%, while the accuracy result of testing reference data without the database is 53,57%. The most correct identification verses is Q.S. Al-ikhlas:3 and Q.S.Al-kafirun:1 with percentage is 80,56%.*

*Keywords : Speech Recognition, Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC), Dynamic Time Warping (DTW), Al-Quran.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT serta Nabi Muhammad SAW atas segala limpahan berkah, rahmat, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul **Identifikasi Ayat pada Bacaan Menggunakan Metode *Dynamic Time Warping* Berdasarkan Fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* untuk Sistem Tutorial Hafalan Al-Quran.**

Penelitian ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen S1 Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menyelesaikan penelitian ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu dan Ayah tercinta, terimakasih atas segala dukungan dan kepercayaan baik moril, spiritual dan material.
2. Bapak Kepala Departemen Teknik Komputer Dr. I Ketut Eddy Purnama ST., MT.
3. Ibu Dr. Diah Puspito Wulandari, ST., M.Sc. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc., selaku pembimbing yang senantiasa selalu bersabar dalam memberikan ilmu serta bimbingan selama pengerjaan penelitian.
4. Bapak-ibu dosen pengajar Departemen Teknik Komputer, atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama ini.
5. Bapak Mohammad Lukmanul Hakim, S.Sos.I, M.E. dan Ismail Hasan, Pondok Pesantren Hidayatullah, atas bantuan dalam pengambilan data rekaman bacaan Al-Quran.
6. Ibu Siti Zubaidah dan Emira Arefa Aji, Lembaga Tahfidz Ashabul Quran, atas bantuan dalam pengambilan data rekaman bacaan Al-Quran.
7. Dzul Fikar Alfithoni atas semangat, pengalaman, dan kesabaran mendengar segala keluh kesah.
8. Sukma, Faishol, Mas Gusti, Mimi, Dea, Pak Dhe, dan Mendung yang telah bersedia menyempatkan waktu untuk melakukakan rekaman bacaan Al-Quran.
9. Kelompok TA sinyal, Enny, Dea, Ima, Sukma dan Novita yang

bersama-sama berjuang dalam pengerjaan penelitian, semoga selalu teringat kebersamaan kita.

10. Seluruh teman-teman *B201-crew* Laboratorium Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Komputer dan Teknik Elektro ITS angkatan 2013, e53.
12. Mimi, Eca, Mada, Deni yang sedang berjuang dan saling memberi semangat.
13. Teman-teman kru ITS TV yang memberi cerita dan pengalaman selama kuliah di ITS.
14. Teman-teman ARH dan kosan bu Tuty yang memberi keceriaan dalam pengerjaan penelitian.
15. Serta semua pihak yang turut membantu terselesaikannya penelitian ini, terima kasih banyak.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan penelitian ini, karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiii</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang . . . . .	1
1.2 Permasalahan . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 Batasan masalah . . . . .	2
1.5 Sistematika Penulisan . . . . .	3
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Speech Recognition</i> . . . . .	5
2.2 Al-Quran . . . . .	6
2.2.1 Perulangan dalam Surah . . . . .	6
2.2.2 Kemiripan antar Surah . . . . .	6
2.3 Ekstraksi Ciri Menggunakan <i>Mel Frequency Cepstral Coefficient</i> (MFCC) . . . . .	7
2.3.1 <i>Pre-emphasis</i> . . . . .	9
2.3.2 <i>Frame Blocking</i> . . . . .	10
2.3.3 <i>Windowing</i> . . . . .	11
2.3.4 FFT ( <i>Fast Fourier Transform</i> ) . . . . .	11
2.3.5 <i>Mel Filter Bank Processing</i> . . . . .	12
2.3.6 DCT ( <i>Discrete Cosine Transform</i> ) . . . . .	13
2.4 <i>Matching Technique Dynamic Time Warping</i> (DTW) . . . . .	14
2.5 Ekstraksi Ciri Menggunakan <i>Short Time Fourier Transform</i> (STFT) . . . . .	17

<b>3</b>	<b>DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM</b>	<b>19</b>
3.1	Desain Sistem . . . . .	19
3.2	Implementasi Sistem . . . . .	21
3.2.1	Data . . . . .	21
3.2.2	<i>Pre-emphasis</i> . . . . .	22
3.2.3	<i>Frame Blocking</i> . . . . .	22
3.2.4	<i>Windowing</i> . . . . .	23
3.2.5	<i>Fast Fourier Transform</i> (FFT) . . . . .	23
3.2.6	<i>Mel Filter Bank Processing</i> . . . . .	23
3.2.7	<i>Discrete Cosine Transform</i> . . . . .	24
3.2.8	<i>Dynamic Time Warping</i> . . . . .	24
<b>4</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISA</b>	<b>25</b>
4.1	Metode Pengujian . . . . .	25
4.2	Hasil dan Pembahasan . . . . .	25
4.2.1	Sinyal Rekaman Bacaan . . . . .	25
4.2.2	<i>Pre-emphasis</i> . . . . .	27
4.2.3	<i>Frame Blocking</i> . . . . .	28
4.2.4	<i>Windowing</i> . . . . .	28
4.2.5	<i>Fast Fourier Transform</i> . . . . .	29
4.2.6	<i>Mel Filter Bank Processing</i> . . . . .	30
4.2.7	<i>Discrete Cosine Transform</i> . . . . .	31
4.3	Analisa Pengujian Perbandingan Nilai dengan <i>Dyna- mic Time Warping</i> (DTW) . . . . .	32
4.3.1	Pengujian terhadap acuan jenis kelamin pem- baca yang melakukan rekaman bacaan . . . .	32
4.3.2	Pengujian dengan perbandingan metode eks- traksi STFT . . . . .	41
4.3.3	Pengujian terhadap rekaman bacaan diluar <i>da- tabase</i> acuan . . . . .	45
<b>5</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>55</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	55
5.2	Saran . . . . .	55
	<b>DAFTAR ISTILAH</b>	<b>57</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>59</b>

<b>LAMPIRAN</b>	<b>61</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS</b>	<b>81</b>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# DAFTAR GAMBAR

2.1	Bentuk sinyal rekaman bacaan Q.S. An-naas:1 pada domain waktu dan setelah mengalami proses MFCC	8
2.2	Contoh <i>pre-emphasis</i>	9
2.3	Contoh <i>frame blocking</i>	10
2.4	<i>Mel scale filter bank</i>	12
2.5	<i>Warping</i> antara dua seri waktu	14
2.6	DTW dari dua <i>template</i>	15
2.7	Tiga kemungkinan jalur	16
2.8	<i>Window</i> sempit (kiri) dan <i>window</i> lebar (kanan)	18
3.1	Blok diagram sistem	19
3.2	Ilustrasi proses identifikasi	21
3.3	Proses perekaman bacaan	21
4.1	Bentuk sinyal rekaman bacaan Al-Quran setiap ayat	26
4.2	Sinyal bacaan sebelum <i>pre-emphasis</i>	27
4.3	Sinyal bacaan setelah <i>pre-emphasis</i>	27
4.4	Sinyal bacaan Q.S.An-naas:1 <i>frame</i> ke 1	28
4.5	Sinyal bacaan Q.S.An-naas:1 <i>frame</i> ke 1 di <i>windowing</i>	29
4.6	Hasil FFT bacaan Q.S.An-naas:1 <i>frame</i> ke 1	29
4.7	Grafik antara frekuensi linier dan skala mel Q.S.An-naas:1	30
4.8	Hasil <i>filter bank</i> Q.S.An-naas:1	30
4.9	Hasil fitur sinyal bacaan Q.S.An-naas:1	31
4.10	Persentase hasil identifikasi acuan rekaman bacaan laki-laki 1	35
4.11	Persentase hasil identifikasi acuan rekaman bacaan laki-laki 2	36
4.12	Persentase hasil identifikasi acuan rekaman bacaan perempuan 1	36
4.13	Persentase hasil identifikasi acuan rekaman bacaan perempuan 2	37
4.14	Persentase hasil identifikasi rekaman acuan jenis kelamin dan campuran	40

4.15	Persentase hasil identifikasi rekaman metode ekstraksi MFCC dan STFT pada setiap speaker . . . . .	44
4.16	Persentase akumulasi perbandingan metode ekstraksi MFCC dan STFT . . . . .	45
4.17	Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar <i>database</i> setiap <i>speaker</i> pada Q.S.An-naas:1 . . . . .	46
4.18	Persentase perbandingan akurasi pada acuan berbeda tiap speaker . . . . .	49
4.19	Persentase perbandingan akumulasi akurasi pada acuan berbeda . . . . .	50
4.20	Diagram presentase hasil identifikasi setiap ayat . . .	53
1	Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar <i>database</i> setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-falaq:1 . . . . .	61
2	Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar <i>database</i> setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-ikhlas:1 . . . . .	62
3	Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar <i>database</i> setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-ikhlas:2 . . . . .	63
4	Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar <i>database</i> setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-ikhlas:3 . . . . .	64
5	Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar <i>database</i> setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-ikhlas:4 . . . . .	65
6	Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar <i>database</i> setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-kaafirun:1 . . . . .	66
7	Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap <i>speaker</i> pada Q.S.An-naas:1 . . . . .	67
8	Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-falaq:1 . . . . .	68
9	Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-ikhlas:1 . . . . .	69
10	Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-ikhlas:2 . . . . .	70
11	Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-ikhlas:3 . . . . .	71
12	Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-ikhlas:4 . . . . .	72
13	Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap <i>speaker</i> pada Q.S.Al-kaafirun:1 . . . . .	73

## DAFTAR TABEL

3.1	Deskripsi <i>pre-emphasis</i> . . . . .	22
3.2	Deskripsi <i>frame blocking</i> . . . . .	23
3.3	Deskripsi <i>mel filter bank processing</i> . . . . .	23
3.4	Deskripsi <i>dynamic time warping</i> . . . . .	24
4.1	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 1 . . . . .	33
4.2	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 1 . . . . .	33
4.3	Nilai jarak antara rekaman bacaan perempuan 1 dan template rekaman bacaan laki-laki 1 . . . . .	34
4.4	Nilai jarak antara rekaman bacaan perempuan 2 dan template rekaman bacaan laki-laki 1 . . . . .	34
4.5	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan jenis kelamin campuran . . . . .	38
4.6	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan jenis kelamin campuran . . . . .	38
4.7	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 1 dan acuan jenis kelamin campuran . . . . .	39
4.8	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 2 dan acuan jenis kelamin campuran . . . . .	39
4.9	Nilai jarak data uji rekaman bacaan laki-laki 1 pada metode ekstraksi STFT . . . . .	42
4.10	Nilai jarak data uji rekaman bacaan laki-laki 2 pada metode ekstraksi STFT . . . . .	42
4.11	Nilai jarak data uji rekaman bacaan perempuan 1 pada metode ekstraksi STFT . . . . .	43
4.12	Nilai jarak data uji rekaman bacaan perempuan 2 pada metode ekstraksi STFT . . . . .	43
4.13	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan empat orang yang berbeda dari sebelumnya . . . . .	47
4.14	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan empat orang yang berbeda dari sebelumnya . . . . .	47

4.15	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuanan 1 dan acuan rekaman bacaan empat orang yang berbeda dari sebelumnya . . . . .	48
4.16	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuanan 2 dan acuan rekaman bacaan empat orang yang berbeda dari sebelumnya . . . . .	48
4.17	Kesalahan identifikasi setiap ayat pada acuan rekaman bacaan diluar <i>database</i> (acuan orang berbeda) .	52
4.18	Persentase kebenaran identifikasi bacaan tiap ayat pada setiap pengujian . . . . .	52
4.19	Persentase hasil identifikasi setiap ayat . . . . .	53
1	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 2 . . . . .	74
2	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 2 . . . . .	74
3	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuanan 1 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 2 . . . .	75
4	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuanan 2 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 2 . . . .	75
5	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan perempuanan 1 . . . . .	76
6	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan perempuanan 1 . . . . .	76
7	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuanan 1 dan acuan rekaman bacaan perempuanan 1 . .	77
8	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuanan 2 dan acuan rekaman bacaan perempuanan 1 . .	77
9	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan perempuanan 2 . . . . .	78
10	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan perempuanan 2 . . . . .	78
11	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuanan 1 dan acuan rekaman bacaan perempuanan 2 . .	79
12	Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuanan 2 dan acuan rekaman bacaan perempuanan 2 . .	79

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Al-Quran merupakan kitab suci dalam agama islam. Umat muslim wajib untuk mempelajari Al-Quran. Terdapat banyak cara untuk mempelajari Al-Quran yaitu mempelajari cara membaca, memahami artinya, mengamalkannya, serta mengajarkannya kepada orang lain. Salah satu bentuknya yaitu dengan menghafalkannya. Biasanya menghafalkan Al-Quran dilakukan dalam kelompok yang dibimbing oleh seorang guru atau ustadz. Hal terpenting dari mempelajari dan menghafal Al-Quran adalah adanya sosok pembimbing yaitu seorang guru. Menghafalkan yang terpenting bukan hanya pertemuan dengan guru saja, namun terus memelihara hafalannya diluar jam dengan guru dan hafalan yang telah dihafal sebelumnya. Memperdengarkan hasil hafalan sangat diperlukan, karena sering terjadi kesalahan dalam huruf yang dibaca. Kesalahan penempatan urutan ayat juga sering terjadi sehingga memperdengarkan hafalan sangat penting dilakukan. Ketika tidak ada seorang guru yang mendampingi, maka murid perlu dibimbing untuk mengetahui apakah bacaan yang dihafal sudah benar tanpa kehadiran guru.

Bacaan Al-Quran juga merupakan bagian dari sinyal wicara yang bisa dikenali dengan teknik pengenalan suara(*speech recognition*). Dalam pengolahan sinyal audio, pengenalan suara telah banyak diteliti, terutama penggunaan metode *Dynamic Time Warping* (DTW) dengan fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) dalam identifikasi dan verifikasi sinyal wicara. Namun, sebagian besar penelitian digunakan pada sepenggal kata dengan penggunaan bahasa sehari-hari. Hal inilah yang menjadi perhatian, apakah kata-kata berkesinambungan juga dapat dikenali dengan baik pada proses pengenalan suara. Terlebih sebuah bacaan Al-Quran yang dibaca secara utuh satu ayat dalam bahasa arab. Dengan ekstraksi *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC), nilai fitur konten bacaan dalam sebuah ayat utuh menjadi ciri atau karakteristik. Pelafalan terkait konten yang dibaca juga berpengaruh, namun tidak sampai ketepatan tajwid dan mahraj dalam bacaan. Terlepas dari pelafalan yang benar atau salah.

Identifikasi ayat pada bacaan Al-Quran sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan dalam menghafal bacaan Al-Quran dengan metode *Dynamic Time Warping* (DTW) menggunakan fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC). Nilai fitur yang telah didapatkan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Dynamic Time Warping* (DTW) untuk mendapatkan hasil identifikasi sebuah ayat. *Dynamic Time Warping* (DTW) merupakan metode untuk mengukur dua sekuen yang berbeda dalam waktu dan kecepatan, sehingga dapat mengakomodasi perbedaan waktu antara ayat yang dibaca. Dengan adanya identifikasi tersebut, nantinya dapat membantu murid mengecek hafalan secara mandiri dimanapun dan kapanpun serta untuk mempermudah menghafal.

## 1.2 Permasalahan

Bacaan Al-Quran merupakan bagian dari sinyal wicara yang bisa dikenali dengan teknik pengenalan suara (*Speech Recognition*). Adanya kebutuhan untuk memelihara hafalan dan memperdengarkan bacaan yang dapat dilakukan secara mandiri ketika tidak ada guru yang membimbing dalam mengoreksi apakah hafalan ayat yang dibaca sudah benar. Dengan adanya kendala tersebut maka dilakukan identifikasi ayat pada bacaan Al-Quran untuk membantu mempermudah menghafal secara mandiri.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan teknik pengenalan sinyal wicara dengan *Metode Dynamic Time Warping* (DTW) menggunakan ekstraksi fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) yang membantu mengidentifikasi ayat pada bacaan Al-Quran. Identifikasi ini menghasilkan keluaran berupa ayat yang dibaca dengan harapan dapat menjadi alat bantu dalam melakukan hafalan secara mandiri.

## 1.4 Batasan masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya adalah:

1. Masukan berupa rekaman bacaan surah-surah di Al-Quran secara utuh dan berkesinambungan.
2. Setiap ayat diterima secara utuh dan berkesinambungan.

3. Pengujian dilakukan pada bacaan ayat-ayat pendek dari beberapa surah pilihan yaitu Q.S. An-naas:1, Q.S. Al-falaq:1, Q.S. Al-ikhlas:1-4, dan Q.S. Al-kafirun:1.
4. Sinyal wicara bacaan ayat Al-Quran yang dijadikan acuan diambil dari rekaman suara dua laki-laki dan dua perempuan yang sudah diketahui ketepatan bacaannya.
5. Identifikasi bacaan Al-Quran untuk anak-anak atau pemula yang baru mempelajari Al-Quran.
6. Fitur yang digunakan untuk ekstraksi yaitu *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC).
7. Metode yang digunakan adalah *Dynamic Time Warping* (DTW).

## 1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian Tugas Akhir ini tersusun dalam lima bab yang terstruktur. Alur sistematika penulisan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan  
Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan pemilihan judul, sistematika laporan, tujuan dan metodologi penelitian.
2. BAB II Dasar Teori  
Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penelitian ini. Teori-teori ini digunakan sebagai dasar dalam penelitian, yaitu informasi terkait *Speech Recognition*, *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC), *Dynamic Time Warping* (DTW) dan teori-teori penunjang lainnya.
3. BAB III Perancangan Sistem dan Implementasi  
Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait eksperimen yang akan dilakukan dan langkah-langkah data diolah hingga menghasilkan hasil identifikasi. Guna mendukung itu digunakanlah blok diagram agar sistem yang akan dibuat dapat terlihat dan mudah dibaca untuk implementasi pada pelaksanaan tugas akhir.
4. BAB IV Pengujian dan Analisa

Bab ini menjelaskan tentang pengujian eksperimen yang dilakukan terhadap data dan analisisnya. Beberapa identifikasi akan ditunjukkan hasilnya pada bab ini dan dilakukan analisa terhadap hasil identifikasi dan informasi yang didapat dari yang tersaji.

#### 5. BAB V Penutup

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk mengembangkan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini dibutuhkan beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi. Dengan demikian penelitian ini menjadi lebih terarah.

#### **2.1 *Speech Recognition***

*Speech Recognition* (SR) adalah suatu pengembangan teknik dan sistem yang memungkinkan komputer untuk menerima masukan berupa kata yang diucapkan. Teknologi ini memungkinkan suatu perangkat untuk mengenali dan memahami kata-kata yang diucapkan dengan cara digitalisasi kata dan mencocokkan sinyal digital tersebut dengan suatu pola tertentu yang tersimpan dalam suatu perangkat. Kata-kata yang diucapkan diubah bentuknya menjadi sinyal digital dengan cara mengubah gelombang suara menjadi sekumpulan angka yang kemudian disesuaikan dengan kode-kode tertentu untuk mengidentifikasi kata-kata tersebut[1].

Berdasarkan kemampuan dalam mengenal kata yang diucapkan, terdapat 5 jenis pengenalan kata, yaitu :

1. Kata-kata yang terisolasi, proses pengidentifikasian kata yang hanya dapat mengenal kata yang diucapkan jika kata tersebut memiliki jeda waktu pengucapan antar kata.
2. Kata-kata yang berhubungan, proses pengidentifikasian kata yang mirip dengan kata-kata terisolasi, namun membutuhkan jeda waktu pengucapan antar kata yang lebih singkat.
3. Kata-kata yang berkelanjutan, proses pengenalan suara ini sangat rumit karena membutuhkan metode khusus untuk membedakan kata-kata yang diucapkan tanpa jeda waktu. Penggunaan perangkat ini dapat mengucapkan kata-kata secara natural.
4. Kata-kata spontan, proses pengidentifikasian kata yang dapat mengenal kata-kata yang diucapkan secara spontan tanpa jeda waktu antar kata[2].

## 2.2 Al-Quran

Al-Quran adalah kitab suci dalam agama islam. Al-Quran terdiri dari 30 juz. Pada Al-Quran terdapat ayat-ayat yang memiliki kesamaan, diantaranya perulangan pada ayat dalam satu surah dan kemiripan ayat pada surah yang berbeda.

### 2.2.1 Perulangan dalam Surah

Dalam sebuah surah terkadang terdapat kesamaan antara ayat satu dengan ayat yang lain, seperti halnya pada Q.S. Al-kafirun:3 dan Q.S. Al-kafirun:5 yang berbunyi sebagai berikut:

وَلَا أَنْتُمْ عَابِدُونَ مَا أَعْبُدُ

*Wala antum 'aabiduuna maa a'budu*

Contoh perulangan ayat yang lain yaitu pada Q.S. Al-insyiqaq:2 dan Q.S. Al-insyiqaq:3 yang berbunyi sebagai berikut:

وَأَذِنتُ لِرَبِّهَا وَحَقَّتْ

*Wa-adzinat lirabbihaa wahuqqat*

Dalam keseharian, terkadang sering terjadi perulangan ketika membacanya sehingga terus berputar pada ayat yang sama.

### 2.2.2 Kemiripan antar Surah

Dalam Al-Quran terdapat banyak kemiripan dalam bacaan pada surah yang berbeda. Seperti halnya pada Q.S. At-tiin:6 dan Q.S. Al-'ashr:3 yang berbunyi sebagai berikut:

**Q.S. At-tiin:6**

إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ فَلَهُمْ أَجْرٌ غَيْرُ مَمْنُونٍ

*Ilaal-ladziina aamanuu wa'amiluush-shaalihaati falahum ajrun ghairu mamnuun*

**Q.S. Al-'ashr:3**

إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَاصَوْا بِالْحَقِّ وَتَوَاصَوْا بِالنُّصْرِ

*Ilaal-ladziina aamanuu wa'amiluush-shaalihaati watawaashau bil haqqi watawaashau bish-shabr*

Kemiripan ayat dalam surah yang berbeda juga terdapat pada

Q.S. Asy-syams:9 dan Q.S. Al-alaa:14 yang berbunyi sebagai berikut:

**Q.S. Asy-syams:9**

قَدْ أَفْلَحَ مَنْ زَكَّاهَا

*Qad aflaha man zakkaahaa*

**Q.S. Al-alaa:14**

قَدْ أَفْلَحَ مَنْ تَزَكَّى

*Qad aflaha man tazakka*

Contoh kemiripan ayat dalam surah yang berbeda lainnya juga terdapat pada Q.S. Al-insyiqaq:1 dan Q.S. Al-infithar:1 yang berbunyi sebagai berikut:

**Q.S. Al-insyiqaq:1**

إِذَا السَّمَاءُ أَنْشَقَّتْ

*Idzaas-samaa-uun syaqqat*

**Q.S. Al-infithar:1**

إِذَا السَّمَاءُ أَنْفَقَتْ

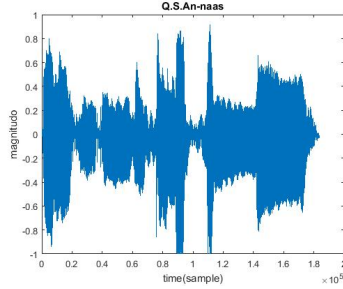
*Idzaas-samaa-uun fatharat*

Dalam keseharian terkadang sering terjadi kesalahan ketika membaca. Loncat dari surah satu ke surah lainnya karena kemiripan tersebut.

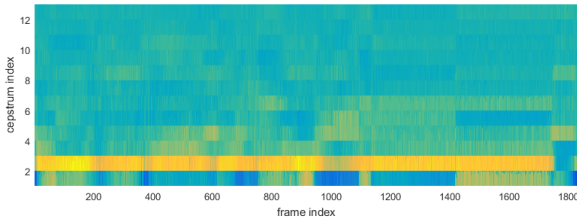
## **2.3 Ekstraksi Ciri Menggunakan *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC)**

Dalam pengolahan sinyal digital, sebuah sinyal wicara ditampilkan dalam sebuah grafik dalam domain waktu. Namun dalam *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC), Sinyal suara akan diubah menjadi vektor. Hasil dari MFCC tergantung pada sinyal suara yang diproses. MFCC menghasilkan angka yang membentuk sebuah vektor. Vektor tersebut adalah ciri (fitur) dari sebuah sinyal. Untuk memudahkan melihat fitur sebuah sinyal, MFCC ditampilkan dalam bentuk spektogram yang berisi pemetaan kekuatan (energi) dari spektrum yang diperoleh. Pada gambar 2.1 adalah contoh plot

sinyal wicara dalam domain waktu (a) yang kemudian mengalami proses ekstraksi fitur MFCC dengan hasil spektrogram pada (b).



(a) Bentuk sinyal dalam domain waktu



(b) Hasil MFCC

**Gambar 2.1:** Bentuk sinyal rekaman bacaan Q.S. An-naas:1 pada domain waktu dan setelah mengalami proses MFCC

MFCC adalah koefisien yang secara kolektif membentuk sebuah MFC. MFCC diturunkan untuk mengambil *Transformasi Fourier* dari sinyal bacaan, memetakan kekuatan dari spektrum yang diperoleh ke skala mel. MFCC adalah magnitudo spektrum yang dihasilkan. Nilai MFCC tidak sangat kuat terhadap kebisingan aditif, dan hal tersebut umum untuk menormalkan nilai-nilai dalam sistem pengenalan suara untuk mengurangi pengaruh *noise*[3].

MFCC merupakan adaptasi dari sistem pendengaran manusia, dimana sinyal suara akan disaring secara linier untuk frekuensi rendah (dibawah 1000 Hz) dan secara logaritmik untuk frekuensi tinggi (diatas 1000 Hz). Beberapa keunggulan dari metode ini adalah:

1. Mampu untuk menangkap karakteristik suara yang sangat

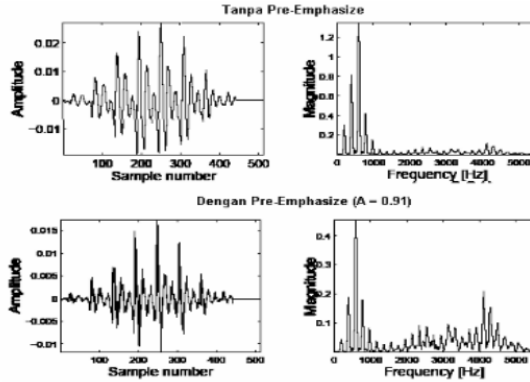
penting bagi pengenalan suara, atau dengan kata lain dapat menangkap informasi-informasi penting yang terkandung dalam sinyal suara.

2. Menghasilkan data seminimal mungkin, tanpa menghilangkan informasi-informasi penting yang dikandungnya.
3. Mereplikasi organ pendengaran manusia dalam melakukan persepsi terhadap sinyal suara[4].

Untuk mendapatkan koefisien MFCC, dilakukan proses *pre-emphasize*, *frame blocking*, *windowing*, FFT, *Mel Filter Bank*, dan DCT.

### 2.3.1 *Pre-emphasis*

Proses ini melewati sinyal melalui filter yang menekankan frekuensi yang lebih tinggi. Proses ini akan meningkatkan energi



**Gambar 2.2:** Contoh *pre-emphasis*  
[4]

sinyal pada frekuensi yang lebih tinggi dan mengurangi *noise ratio* pada sinyal sehingga dapat meningkatkan kualitas sinyal. Pada gambar 2.2 terlihat bahwa distribusi energi pada setiap frekuensi terlihat lebih seimbang setelah diimplementasikan[5].

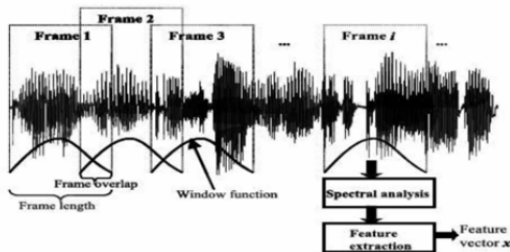
*Pre-emphasis* dihitung dengan persamaan 2.1.

$$Y(n) = X[n] - \alpha X[n - 1] \quad (2.1)$$

Dimana  $Y(n)$  adalah sinyal hasil *pre-emphasis*,  $X(n)$  adalah sinyal *input*, dan dengan nilai *default*  $\alpha$  yaitu 0.95, yang membuat 95 persen dari salah satu sampel diduga berasal dari sampel sebelumnya[6].

### 2.3.2 *Frame Blocking*

Proses ini mensegmentasi sinyal suara hasil diperoleh dari *Pre-emphasis* ke dalam bingkai kecil dengan panjang dalam kisaran 20 sampai 40 ms. Sinyal suara dibagi menjadi *frame* N sampel. *frame* yang berdekatan dipisahkan oleh  $M$  ( $M < N$ )[6]. Panjang *frame* yang digunakan sangat mempengaruhi keberhasilan dalam analisa. Di satu sisi, ukuran dari *frame* harus sepanjang mungkin untuk dapat menunjukkan resolusi frekuensi yang baik. Tetapi di lain sisi, ukuran *frame* juga harus cukup pendek untuk dapat menunjukkan resolusi waktu yang baik.



**Gambar 2.3:** Contoh *frame blocking*  
[4]

Proses *frame* ini dilakukan terus sampai seluruh sinyal dapat diproses. selain itu, proses ini umumnya dilakukan secara *overlapping* untuk setiap *frame*-nya seperti yang terlihat pada gambar 2.3. Panjang daerah *overlap* yang umum digunakan adalah kurang lebih 30-50 persen dari panjang *frame*. *Overlapping* dilakukan untuk menghindari hilangnya ciri atau karakteristik suara pada perbatasan perpotongan setiap *frame*[4].

### 2.3.3 Windowing

Sinyal suara yang telah melalui *frame blocking* akan menyebabkan kesalahan pada proses *fourier transform*. *Windowing* bertujuan untuk mengurangi terjadinya kebocoran spektral atau *aliasing* yang merupakan suatu efek dari timbulnya sinyal baru yang memiliki frekuensi yang berbeda dengan sinyal aslinya. Efek tersebut dapat terjadi karena rendahnya *sampling rate* atau karena proses *framing* yang menyebabkan sinyal menjadi diskontinu. *Windowing* dilakukan pada sinyal diskrit[4].

Jenis *windowing* yang paling sering digunakan yaitu *Hamming Window*. *Hamming Window* digunakan sebagai bentuk jendela dengan mempertimbangkan blok berikutnya dalam rantai pengolahan ekstraksi fitur dan mengintegrasikan semua garis frekuensi yang terdekat[6]. *Hamming window* dapat diperoleh dengan persamaan 2.2.

$$HW(n) = X(n) * [0.54 - 0.46 \cos[\frac{2\pi n}{N-1}]], 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.2)$$

Dimana  $HW(n)$  adalah hasil dari *windowing* dan  $N$  adalah panjang frame[4].

### 2.3.4 FFT (Fast Fourier Transform)

FFT mengkonversi setiap *frame*  $N$  sampel dari domain waktu ke domain frekuensi. FFT diperoleh dengan persamaan 2.3[5],

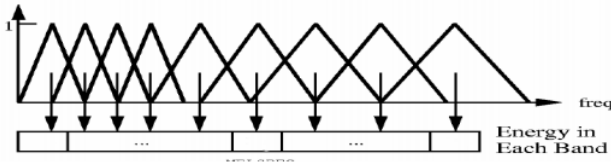
$$S_n = \sum_{k=0}^{N-1} S_k e^{-2\pi jkn/N}, 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.3)$$

Dimana  $S_k$  adalah nilai sampel sinyal,  $N$  adalah jumlah sampel yang akan diproses pada masing-masing *frame*,  $k=0,1,2,...(N-1)$ ,  $j$  adalah bilangan imajiner ( $\sqrt{-1}$ ), dan  $n=1,2,3,...(N-1)$ . Data pada domain frekuensi dapat diproses dengan lebih mudah dibandingkan data pada domain waktu, karena pada domain frekuensi keras lemahnya suara tidak seberapa berpengaruh[4].

### 2.3.5 Mel Filter Bank Processing

Frekuensi berkisar di spektrum FFT sangat luas dan sinyal suara tidak mengikuti skala linier. *Filterbank* adalah salah satu bentuk dari filter yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ukuran energi dari frekuensi band tertentu dalam sinyal suara. *Filterbank* dapat diterapkan baik pada domain waktu maupun pada domain frekuensi, tetapi dalam MFCC, *filterbank* harus diterapkan dalam domain frekuensi.

*Filterbank* menggunakan representasi konvolusi dalam melakukan penyaringan terhadap sinyal. Konvolusi dapat dilakukan dengan melakukan multiplikasi antara spektrum sinyal dengan koefisien *filterbank*[4]. *Filterbank* menurut skala mel seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4:** Mel scale filter bank  
[6]

Gambar 2.4 menunjukkan satu set filter segitiga yang digunakan untuk menghitung jumlah tertimbang filter komponen spektral sehingga *output* dari proses mendekati skala Mel. Respon frekuensi besarnya masing-masing penyaring berbentuk segitiga dan sama dengan kesatuan di frekuensi tengah dan menurun secara linier ke nol pada frekuensi pusat dua filter yang berdekatan. Kemudian, masing-masing filter output adalah jumlah dari yang disaring komponen spektral[6]. Mel dihitung dengan rumus pada persamaan 2.4, dengan frekuensi  $f$  dalam HZ.

$$F(mel) = [2595 * \log_{10}[1 + f/700]] \quad (2.4)$$

Frekuensi pusat dari rangkaian filter tersebar merata sepanjang skala frekuensi mel. Frekuensi pusat dari filter dihitung dengan



persamaan 2.5,

$$f_{cm(mel)} = f_{L(mel)} + \frac{m(f_{H(mel)} - f_{L(mel)})}{M + 1}, 1 \leq m \leq M \quad (2.5)$$

Dimana  $f_{cm(mel)}$  adalah frekuensi pusat dari filter,  $f_{L(mel)}$  dan  $f_{H(mel)}$  adalah ujung bawah dan atas masing-masing mel, dari rentang frekuensi yang dicakup oleh seluruh *filterbank* ada filter segitiga M di dalam berkisar antara  $f_{L(mel)}$  dan  $f_{H(mel)}$ .

Jika  $H_m[N]$  adalah besarnya frekuensi respon filter maka output filter  $X_m$  dihitung dengan persamaan 2.6,

$$X_m = \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} |S[n]|^2 |H_m[n]|, 1 \leq m \leq N \quad (2.6)$$

Dimana  $S[n]$  adalah spektrum FFT N-point dari *windowed frame* dengan jumlah titik penjumlahan hanya  $N/2$ , karena setengah spektrum FFT adalah cermin gambar separuh lainnya[5].

### 2.3.6 DCT(*Discrete Cosine Transform*)

Proses untuk mengubah log Mel spektrum menjadi domain waktu menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT). Hasil konversi disebut *Mel Frequency cepstrum* Koefisien. Himpunan koefisien disebut vektor akustik. Oleh karena itu, setiap *input* ucapan diubah menjadi urutan vektor akustik [6]. Hasilnya disebut dengan *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC).

Konsep dasar dari DCT adalah mendekorelasikan *mel spectrum* sehingga menghasilkan representasi yang baik dari *property* spektral lokal. Pada dasarnya konsep dari DCT sama dengan *inverse fourier transform*. Namun hasil dari DCT mendekati PCA (*principle component analysis*). PCA adalah metode statistik klasik yang digunakan secara luas dalam analisa data dan kompresi. Hal inilah yang menyebabkan seringkali DCT menggantikan *inverse fourier transform* dalam proses MFCC[4].

*Discrete Cosine Transform* (DCT) diterapkan untuk filter *output* dan beberapa koefisien pertama dikelompokkan bersama-sama sebagai vektor fitur dari bingkai pidato tertentu. Jika  $p$  adalah urutan mel skala cepstrum, fitur vektor diperoleh dengan mempertim-

bangkan urutan mel skala cepstrum DCT koefisien pertama. Secara matematis, koefisien MFCC dapat dinyatakan dengan rumus dalam persamaan 2.7.

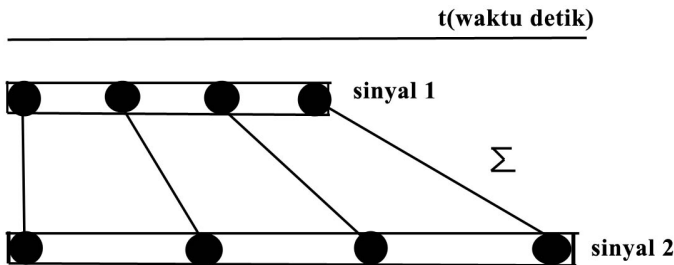
$$MFCC_k = \sqrt{\frac{2}{M} \sum_{m=1}^M X_{m(ln)} \cos(\frac{\pi k(m-0.5)}{M})}, 1 \leq k \leq p \quad (2.7)$$

Dimana  $X_{m(ln)}$  adalah Hasil filter bank yang telah melalui operasi matematika  $\ln$  dan  $M$  adalah jumlah *channel* filter segitiga.

Jumlah yang dihasilkan MFCC praktis dipilih relatif rendah, dalam urutan dari 12 sampai 20 koefisien. Koefisien ini mewakili *template* untuk kata tertentu dan disimpan dalam memori untuk digunakan lebih lanjut dengan blok perbandingan pola[5].

## 2.4 Matching Technique Dynamic Time Warping (DTW)

*Dynamic Time Warping* (DTW) adalah suatu algoritma untuk mengukur kesamaan antara dua sekuen yang berbeda dalam waktu dan kecepatan[6]. Algoritma DTW didasarkan pada pemrograman dinamis. Teknik ini juga digunakan untuk menemukan garis optimal diantara dua sekuen yang dilihat dari waktunya, satu seri waktu dapat meregang dan menyusut sepanjang waktu porosnya. Pembengkokan diantara dua seri waktu kemudian dapat digunakan untuk menemukan daerah yang sesuai antara dua seri waktu seperti yang terlihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5:** *Warping* antara dua seri waktu

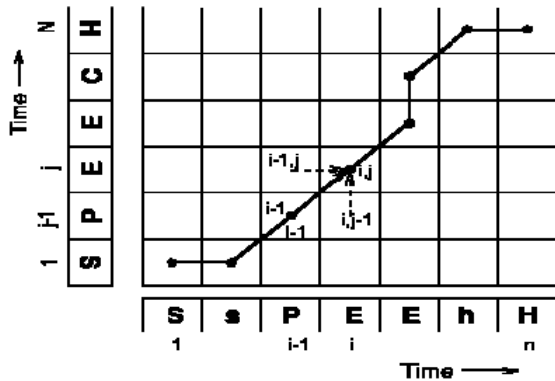
Prinsip DTW adalah untuk membandingkan dua pola dinamis

dan mengukur kesamaan dengan menghitung jarak minimal antara keduanya. Setiap data yang dapat berubah menjadi representasi linear dapat dianalisis dengan DTW. DTW cukup efisien untuk pengenalan kata terisolasi dan dapat disesuaikan dengan pengenalan kata terhubung[6]. Misalkan ada dua fitur dalam vektor yang disimpan dalam variabel Q dan C, dengan panjang masing-masing n dan m, seperti pada persamaan 2.8.

$$Q = q1, q2, ..., qi, ..., qn \quad (2.8)$$

$$C = c1, c2, ..., cj, ..., cm$$

Q adalah vektor fitur 1 dan C adalah vektor fitur 2. q1 adalah nilai angka pertama pada vektor, sampai seterusnya urut hingga qn, begitu juga pada c1. Untuk menyelaraskan dua sekuens menggunakan DTW, dijadikan matriks QxC dimana (i, j) elemen dari matriks berisi jarak d(qi, cj) antara dua poin qi dan cj dibangun seperti pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6:** DTW dari dua *template*  
[5]

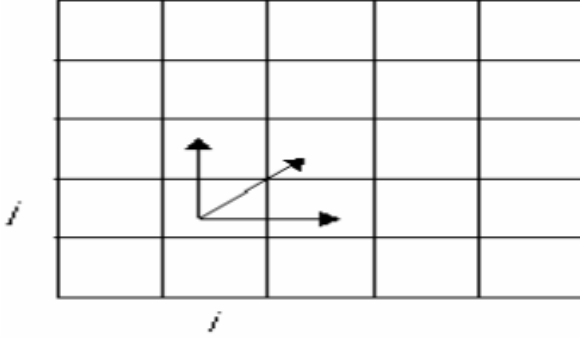
Kemudian, jarak absolut antara nilai dari dua sekuens tersebut dihitung dengan menggunakan perhitungan jarak euclidean pada persamaan 2.9. Semakin dekat dengan garis diagonal maka jalur semakin pendek, sebaliknya jika semakin menjauhi diagonal jalur

semakin jauh.

$$d(qi, cj) = \sqrt{(qi - cj)^2} \quad (2.9)$$

Setiap elemen matriks (i,j) sesuai dengan keselarasan antara poin qi dan cj. Kemudian akumulasi jarak dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 2.10.

$$D(i, j) = \min[D(i-1, j-1), D(i-1, j), D(i, j-1)] + d(i, j) \quad (2.10)$$



**Gambar 2.7:** Tiga kemungkinan jalur  
[5]

Pada gambar 2.7 terdapat tiga kemungkinan jalur terbaik yang bisa dipilih untuk jalur selanjutnya dari titik awal. Dalam persamaan 2.10,  $D(i, j)$  adalah jarak kumulatif sampai dengan elemen (i, j) dan lokal jarak di (i, j) diberikan oleh  $d(i, j)$ [5]. Lintasan yang dimulai dari elemen (1,1) sampai dengan elemen (i,j) mempunyai jarak kumulatif yaitu  $D(i,j)$ . Untuk mencari jarak antara C dan Q dimulai dari (1,1) dan berakhir pada (n,m). Jadi jarak yang diperoleh dari persamaan yaitu  $D(i,j)$  terletak pada elemen (n,m).

Teknik ini ditujukan untuk mengakomodasi perbedaan waktu antara proses perekaman saat pengujian dengan yang tersedia pada sinyal referensi yang telah dimasukkan. Prinsip dasarnya adalah dengan memberikan sebuah rentang dalam ruang dan digunakan untuk mempertemukan lintasan yang menunjukkan *local match*

terbesar antara *time frame* yang lurus. Total *similarity cost* yang diperoleh dengan algoritma ini merupakan sebuah indikasi seberapa bagus *sample* dan *template* ini memiliki kesamaan, yang selanjutnya akan dipilih *best-matching template*[4].

## 2.5 Ekstraksi Ciri Menggunakan *Short Time Fourier Transform* (STFT)

*Short Time Fourier Transformation* (STFT) merupakan metode transformasi yang mengembangkan metode *Fourier Transform* dengan kelebihan pada kemampuan untuk mentransformasi *non-stationary signal*. Adapun ide dibalik metode ini adalah membuat *non-stationary signal* menjadi suatu representasi *stationary signal* dengan memasukkan suatu *window function*. Dalam hal ini, sinyal yang ada dibagi menjadi beberapa segmen dimana segmen yang didapatkan, diasumsikan terdiri dari *stationary signal*.

Adapun rumus STFT yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 2.11.

$$S(m, \omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]W[n-m]e^{-j\omega n} \quad (2.11)$$

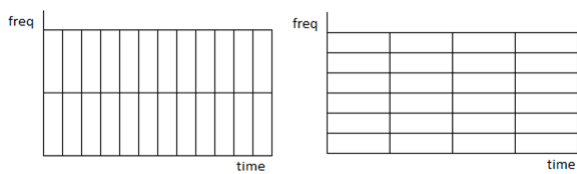
Dimana  $\omega$  adalah kecepatan sudut  $2\pi f$  dan  $m$  adalah panjang *windows*.

STFT adalah sinyal dengan domain frekuensi dan waktu. Berbeda dengan *fourier transform*, STFT merupakan metode transformasi menghasilkan *Time-Frequency Representation* (TFR) dari sinyal. Di sini,  $w[n]$  adalah *window function* yang dapat mengambil bentuk distribusi normal dengan rumus pada persamaan 2.12.

$$w[n] = e^{-a(n^2)/2} \quad (2.12)$$

STFT menggunakan kernel *window* pada suatu interval waktu tertentu, berbeda dengan *fourier transform* yang menggunakan kernel  $e^{-2j\pi ft}$  sepanjang waktu sehingga tidak ada permasalahan dalam hal resolusi frekuensi.

Pada gambar 2.8 *window* sempit memiliki resolusi waktu yang bagus, tetapi resolusi frekuensi yang tidak bagus. Sedangkan pada *window* lebar memiliki resolusi frekuensi yang bagus, tetapi resolusi



**Gambar 2.8:** *Window sempit* (kiri) dan *window lebar* (kanan)  
[7]

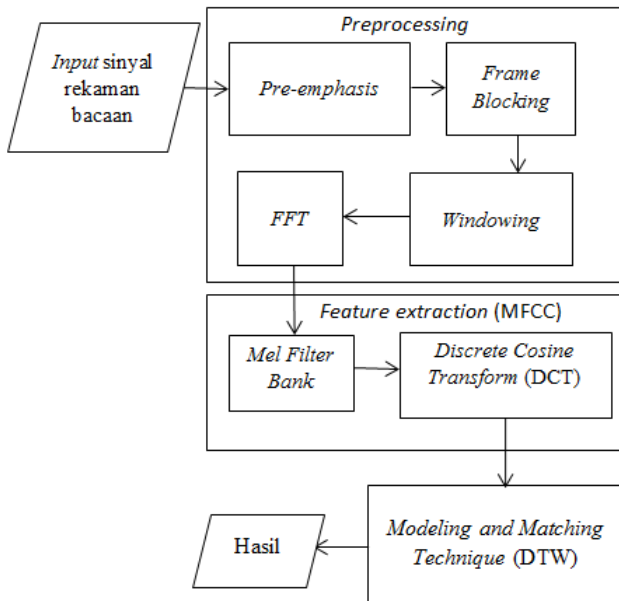
waktu yang tidak bagus [7].

## BAB 3

# DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan desain sistem berikut dengan implementasinya. Desain sistem merupakan konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur dan kemudian diwujudkan dalam bentuk blok-blok alur yang harus dikerjakan. Pada bagian implementasi merupakan pelaksanaan teknis untuk setiap blok pada desain sistem.

### 3.1 Desain Sistem

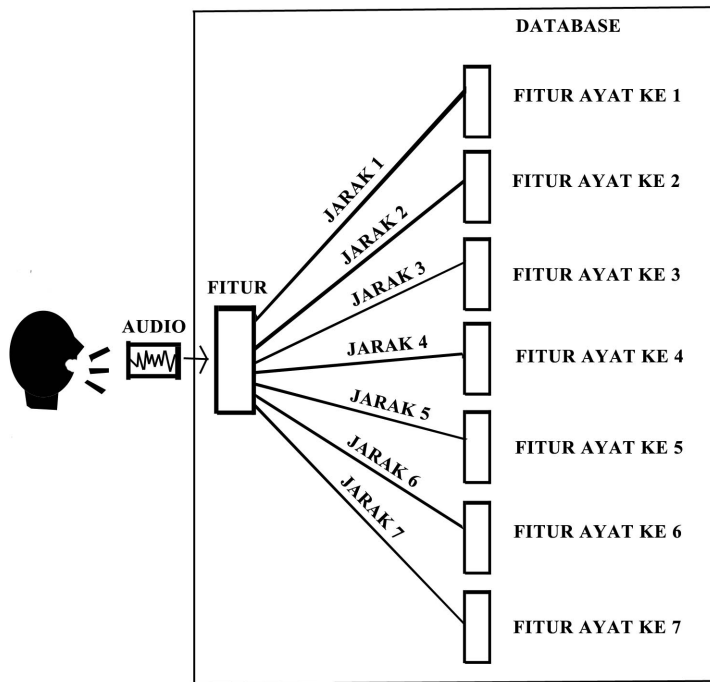


Gambar 3.1: Blok diagram sistem

Perancangan secara umum konfigurasi dari blok diagram sistem identifikasi ayat pada bacaan Al-Quran yang dibuat terdapat pada gambar 3.1. Pada gambar 3.1 blok diagram dimulai dengan masukan sinyal bacaan Al-Quran yang didapatkan dari pembaca. Sinyal suara dilakukan *pre-processing* untuk mengubah sinyal suara yang masih analog menjadi digital. Terdapat empat tahap dalam proses *pre-processing*, yaitu *pre-emphasis*, *frame blocking*, *windowing*, dan FFT (*Fast Fourier Transform*). Sinyal yang awalnya berada pada domain waktu diubah menjadi domain frekuensi pada tahap FFT agar dapat diproses dalam *feature extraction* menggunakan *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC). Sinyal suara kemudian dilakukan proses *Feature Extraction* menggunakan *Mel Frequency Cepstral Coefficient* untuk mendapatkan fitur-fitur pada sinyal. Tahap MFCC yaitu *Mel Filter Bank* untuk mengetahui besar energi dari frekuensi band tertentu dari sinyal suara. Kemudian dilakukan *Discrete Cosine Transform* untuk mengubah sinyal dari domain frekuensi ke domain waktu agar bisa dilakukan proses selanjutnya yaitu *Dynamic Time Warping* (DTW). Hasil akhir dari DCT ini adalah koefisien MFCC yang berada pada domain waktu.

Fitur yang telah diperoleh dari ekstraksi MFCC akan diproses dan dilakukan identifikasi antar ayat seperti yang terlihat pada gambar 3.2. Fitur yang diperoleh dibagi menjadi dua yaitu sebagai data uji dan sebagai data referensi atau acuan. Fitur data uji akan diidentifikasi satu-persatu dengan data referensi sesuai dengan jumlah database yang ada. Teknik identifikasi yang digunakan yaitu *Dynamic Time Warping* (DTW), yang diidentifikasi yaitu konten bacaannya, bukan frekuensi maupun nada. Pelafalan terkait konten yang dibaca juga berpengaruh pada proses identifikasi, namun tidak sampai ketepatan tajwid dan mahraj dalam bacaan. Terlepas dari pelafalan yang benar atau salah. Pada proses ini, nilai fitur pelafalannya yang menjadi inti dari identifikasi. Nilai fitur tersebut akan dicari jarak euclidiannya menggunakan rumus pada bab 2 yang menghasilkan jalur antara dua rekaman yang dicocokkan. Setelah itu, dari jalur yang telah didapatkan dicari jarak terpendek antara dua rekaman tersebut. Hasil dari identifikasi tersebut adalah nilai jalur terpendek antara fitur sinyal yang diidentifikasi. Nilai paling kecil dari identifikasi tersebut yang menentukan sama tidaknya sinyal uji dengan sinyal referensi (acuan) yang diharapkan.





Gambar 3.2: Ilustrasi proses identifikasi

## 3.2 Implementasi Sistem

### 3.2.1 Data



Gambar 3.3: Proses perekaman bacaan

Dalam penelitian ini digunakan masukan berupa bacaan Al-

Quran dibaca per ayat secara utuh dan berkesinambungan dari surah yang telah ditentukan. Pada gambar 3.3 yaitu proses perekaman bacaan Al-Quran. Perekaman dilakukan menggunakan mikrofon yang disambungkan ke komputer dan direkam menggunakan *software* Audacity.

Bacaan yang direkam yaitu Q.S.An-naas:1, Q.S.Al-Falaq:1, Q. S. Al-Ikhlâs, dan Q.S.Al-Kafirun:1. Terdapat empat pembaca, 2 laki-laki dan 2 perempuan. Setiap pembaca melakukan rekaman bacaan 15 kali tiap ayat dengan frekuensi sampling 44100Hz. Hasil dari perekaman inilah yang akan diproses dalam sistem identifikasi bacaan Al-Quran.

### 3.2.2 *Pre-emphasis*

Dalam tahap ini sinyal diperbaiki dari gangguan *noise*, hal ini dilakukan untuk meningkatkan akurasi ekstraksi ciri. Hasil dari *pre-emphasis* ini adalah penguatan sinyal sehingga amplitudonya lebih besar dari amplitudo sinyal *input*. Deskripsi *pre-emphasis* dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1:** Deskripsi *pre-emphasis*

<i>Input</i>	:	Sinyal suara bacaan Al-Quran domain waktu
Parameter	:	$\alpha = 0.95$
Proses	:	Data sinyal akan diproses dari data ke 0 sampai jumlah sampel(i). Nilai sampel sinyal ke-i dengan hasil dari nilai sampel sinyal ke-i dikurangi nilai sampel sinyal ke-(i-1) dikalikan dengan alpha.
<i>Output</i>	:	Sinyal hasil <i>pre-emphasis</i>

### 3.2.3 *Frame Blocking*

Hasil rekaman berupa sinyal analog pada domain waktu yang dapat berubah-ubah. Sinyal harus dipotong dalam slot yang lebih kecil. Proses ini mensegmentasi sinyal suara hasil diperoleh dari *Pre-emphasis* ke dalam bingkai kecil. Deskripsi *frame blocking* dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2:** Deskripsi *frame blocking*

<i>Input</i>	: Sinyal hasil <i>pre-emphasis</i> domain waktu
Parameter	: $N = 256$ , $M = 100$
Proses	: Sinyal suara disegmentasi atau dibagi menjadi frame 256 sampel dengan panjang pergeseran 100.
<i>Output</i>	: Sinyal hasil <i>frame blocking</i>

### 3.2.4 *Windowing*

*Windowing* bertujuan untuk mengurangi terjadinya kebocoran spektral atau aliasing yang merupakan suatu efek dari timbulnya sinyal baru yang memiliki frekuensi yang berbeda dengan sinyal aslinya. Jenis *windowing* yang digunakan yaitu *Hamming Window*. Dari 256 sampel yang telah dilakukan *frame blocking* akan dilakukan *windowing*. Hasil dari *windowing* yaitu bentuk sinyal yang lebih halus.

### 3.2.5 *Fast Fourier Transform (FFT)*

Proses ini mengkonversikan dari domain waktu ke domain frekuensi hasil proses sebelumnya. Masukan dari FFT adalah sinyal hasil *windowing*. Hasil sinyal *windowing* 256 sampel yang akan diproses dengan teknik FFT. FFT ini mengubah masing-masing *frame*  $N$  sampel dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Sinyal pada domain waktu yang akan diubah dalam domain frekuensi. Hasil sinyal FFT berbeda dari sinyal ketika berada di domain waktu. Hasil sinyal FFT menghasilkan antara frekuensi dan level (dB).

### 3.2.6 *Mel Filter Bank Processing*

**Tabel 3.3:** Deskripsi *mel filter bank processing*

<i>Input</i>	: Sinyal hasil FFT domain frekuensi
Parameter	: -
Proses	: Masing-masing dari 20 energi di log kan. Tiap 256 hasil FFT dikalikan sebanyak 20 kali yang selanjutnya akan ditambahkan sehingga akan menghasilkan 20 nilai mel filter bank.
<i>Output</i>	: Sinyal hasil dalam domain frekuensi

*Mel filter bank* digunakan untuk mendapatkan koefisien Mel melalui filter *bandpass* yang berbentuk triangular. Hasil FFT dikonvolusikan dengan hasil dari *mel filter bank* supaya menghasilkan energi *filterbank*. Filter yang digunakan ada 20. Karena telinga tidak bisa mendengar kenyaringan pada saat skala linier, maka proses log ini diperlukan. Hasil proses ini berada pada domain frekuensi. Deskripsi *mel filter bank processing* dapat dilihat pada tabel 3.3.

### 3.2.7 Discrete Cosine Transform

Hasil Filter bank berada pada domain frekuensi, untuk mengembalikan ke domain waktu dilakukan proses *Discrete Cosine Transform* (DCT). Hasil DCT inilah yang menghasilkan MFCC. Hasil *filter bank* sebanyak 20 buah akan menghasilkan DCT 20 hasil yang ada pada domain waktu. Yang digunakan hanya koefisien awal saja 13 koefisien dan yang lainnya dihilangkan. Semakin tinggi koefisien MFCC mengakibatkan perubahan cepat yang menurunkan kerja dari sistem pengenalan suara.

### 3.2.8 Dynamic Time Warping

Proses selanjutnya dilakukan proses menggunakan algoritma *Dynamic Time Warping*. Algoritma ini membandingkan nilai dari dua seri waktu. Apabila data berbentuk matriks, maka masing-masing matriks harus tahu ukurannya. Ukuran baris dari masing-masing matriks harus sama supaya bisa diproses selanjutnya. Algoritma *Dynamic Time Warping* akan menghasilkan nilai terkecil di antara pembandingan yang dimasukkan. Deskripsi *Dynamic Time Warping* dapat dilihat pada tabel 3.4.

**Tabel 3.4:** Deskripsi *dynamic time warping*

<i>Input</i>	:	Dua sinyal hasil MFCC dalam domain waktu
Parameter	:	-
Proses	:	Menghitung jarak antara dua seri waktu. Lintasan dimulai dari elemen (1,1) sampai elemen terakhir yang kemudian diakumulasikan hasilnya. Nilai jarak yang terkecil akan menjadi hasil identifikasi.
<i>Output</i>	:	Nilai jarak jalur

## BAB 4

### PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini dilakukan pengujian pada data rekaman bacaan berdasarkan perencanaan yang telah dibuat pada Bab 3. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan metode *Dynamic Time Warping* (DTW) dengan fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC).

#### 4.1 Metode Pengujian

Pengujian terhadap identifikasi ayat pada rekaman bacaan Al-Quran dilakukan dengan menghitung akurasi. Akurasi dihitung dengan persamaan 4.1.

$$Akurasi = \frac{T}{U} \times 100\% \quad (4.1)$$

Dimana T adalah jumlah data yang teridentifikasi benar dan U adalah jumlah identifikasi yang dilakukan.

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan jumlah rekaman bacaan yang dilakukan oleh empat orang, dengan masing-masing pembaca melakukan rekaman bacaan Al-Quran membaca Q.S. An-naas:1, Q.S. Al-Falaq:1, Q.S. Al-Ikhlâs:1-4, dan Q.S. Al-Kafirun:1. Setiap ayat yang direkam dibaca sebanyak 15 kali.

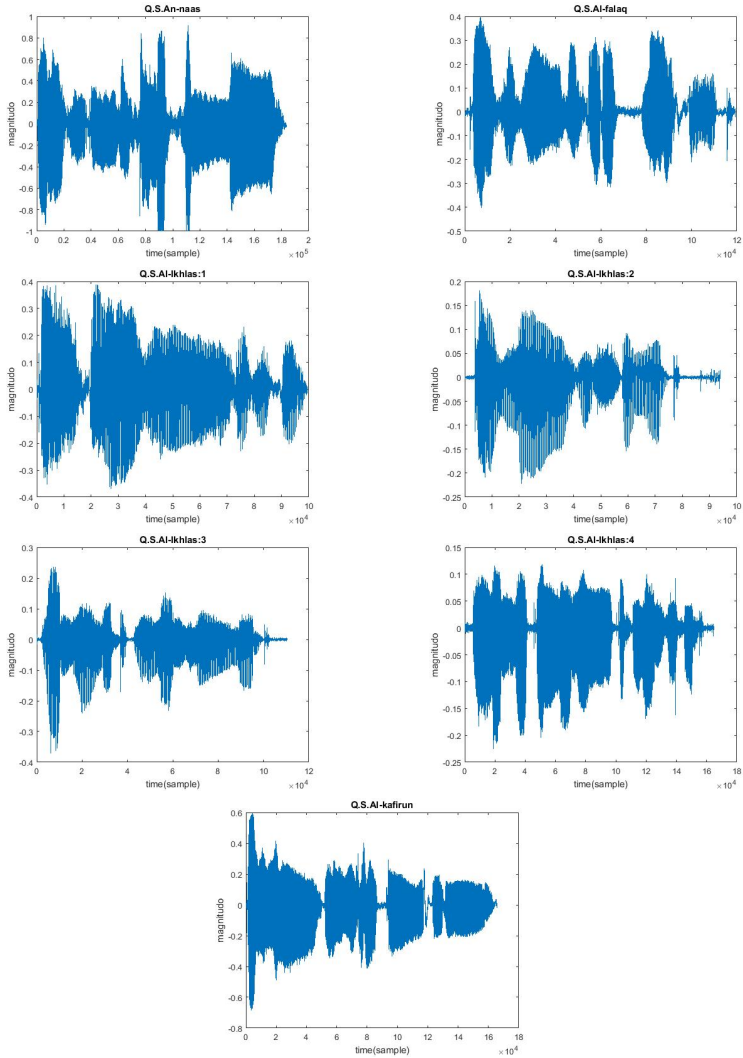
Ada beberapa pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya adalah:

1. Pengujian terhadap acuan jenis kelamin pembaca yang melakukan rekaman bacaan.
2. Pengujian dengan perbandingan metode ekstraksi STFT.
3. Pengujian terhadap rekaman bacaan orang diluar *database* acuan.

#### 4.2 Hasil dan Pembahasan

##### 4.2.1 Sinyal Rekaman Bacaan

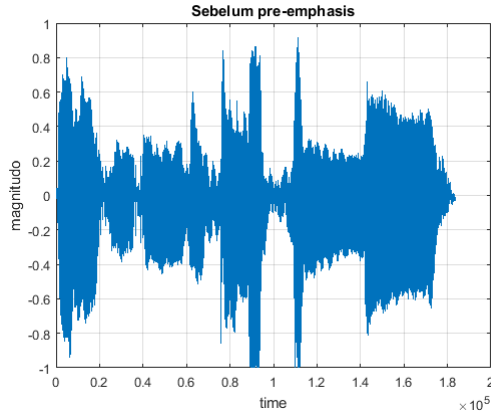
Bacaan Al-Quran yang direkam ada tujuh ayat yaitu Q.S. An-naas:1, Q.S. Al-falaq:1, Q.S. Al-ikhlas:1-4, dan Q.S. Al-kafrun:1. Gambar 4.1 merupakan bentuk sinyal dari rekaman bacaan masing-masing ayat oleh salah satu pembaca. Dari bentuk sinyal didapatk-



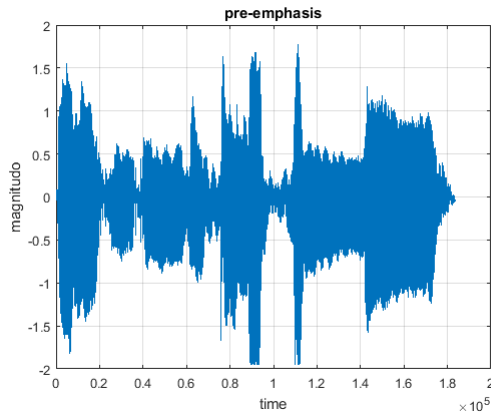
**Gambar 4.1:** Bentuk sinyal rekaman bacaan Al-Quran setiap ayat

an plot dalam domain waktu, dan besarnya amplitudo tiap waktu pada masing-masing sinyal.

### 4.2.2 *Pre-emphasis*



**Gambar 4.2:** Sinyal bacaan sebelum *pre-emphasis*



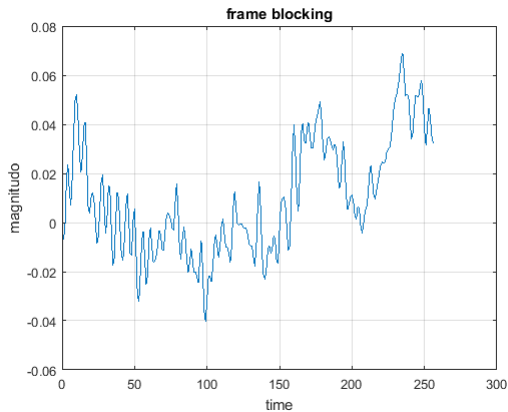
**Gambar 4.3:** Sinyal bacaan setelah *pre-emphasis*

Pada gambar 4.2 dan 4.3 contoh sinyal bacaan yang digunakan yaitu rekaman Q.S. An-naas:1 dibaca oleh laki-laki 1. Pada kedua gambar terlihat jelas hasil dari sinyal sebelum dan sesudah dila-

kukan proses *pre-emphasis*. Magnitudo sinyal hasil *pre-emphasis* menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan sinyal awal. Magnitudo sinyal tertinggi yang awalnya sekitar 0,9 menjadi 1,8.

### 4.2.3 *Frame Blocking*

Sinyal suara disegmentasi, setiap potongan disebut *frame*. Setiap *frame* memiliki pergeseran atau *overlapping* tidak hilang ciri atau karakteristik dari sebuah sinyal. Besarnya *Overlapping* yang digunakan yaitu 100. Dalam satu *frame* terdapat 256 sampel dari 44100 sampel yang ada. Pada gambar 4.4 merupakan contoh *frame* pertama. Setiap sinyal memiliki panjang sinyal yang berbeda sehingga ada perbedaan jumlah *frame*.

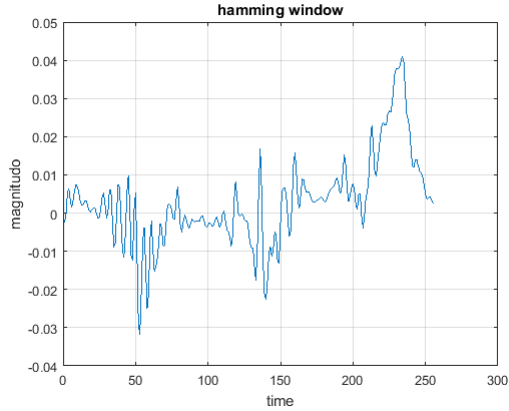


**Gambar 4.4:** Sinyal bacaan Q.S.An-naas:1 *frame* ke 1

### 4.2.4 *Windowing*

*Windowing* yang digunakan adalah *Hamming Window*. Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa sinyal hasil *Hamming Window* yang di sampel menjadi lebih halus. Hal ini membuktikan kebenaran bahwa fungsi dari *windowing* untuk mengurangi efek diskontinuitas pada ujung-ujung *frame*.

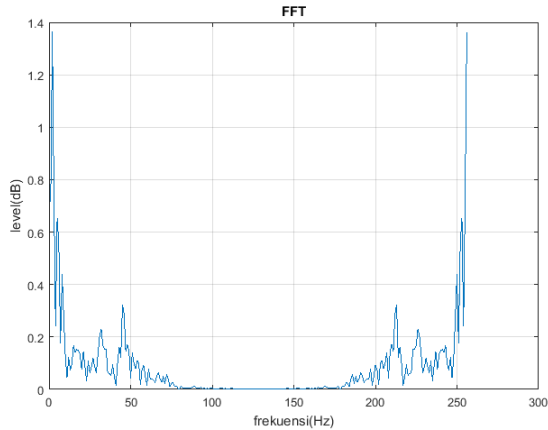




**Gambar 4.5:** Sinyal bacaan Q.S.An-naas:1 *frame* ke 1 di *windowing*

#### 4.2.5 *Fast Fourier Transform*

*Fast Fourier Transform* (FFT) ini mengubah masing-masing *frame* N sampel dari domain waktu ke domain frekuensi. Sinyal pada domain waktu yang akan diubah dalam domain frekuensi.



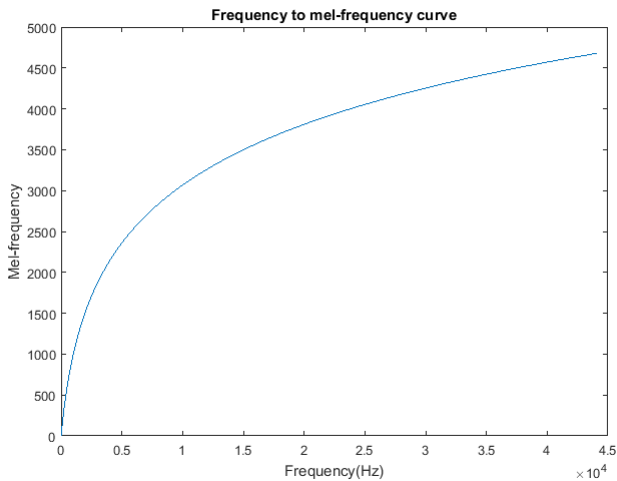
**Gambar 4.6:** Hasil FFT bacaan Q.S.An-naas:1 *frame* ke 1

Pada gambar 4.6 terlihat hasil FFT pada bacaan An-naas:1

pada *frame* ke 1.

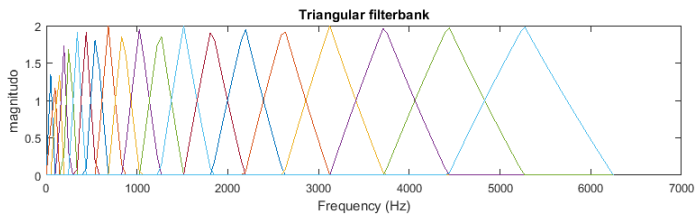
#### 4.2.6 Mel Filter Bank Processing

Sinyal yang telah diproses dalam FFT akan melewati filter bandpass berbentuk triangular. Jumlah filter sebanyak 20 buah, sehingga sinyal hasil FFT melewati 20 filter tersebut dan akan diperoleh beberapa nilai.



**Gambar 4.7:** Grafik antara frekuensi linier dan skala mel Q.S.An-naas:1

Gambar 4.7 adalah grafik hubungan antara frekuensi dan skala mel, frekuensi 44100 ketika diubah menjadi skala mel nilainya hampir mendekati 5000. Nilainya terus bertambah karena linier.

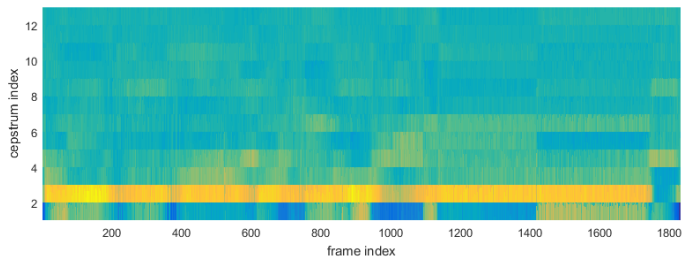


**Gambar 4.8:** Hasil *filter bank* Q.S.An-naas:1

Skala mel digunakan karena sesuai dengan persepsi pendengaran manusia yang tidak bisa mendengar frekuensi linier di bawah 1000 Hz dan secara logaritmik di atas 1000 Hz. Setiap satu *frame* terdapat 20 nilai koefisien. Hasil dari *filter bank* ini masih dalam domain frekuensi. Gambar 4.8 merupakan hasil dari *filter bank* dengan jumlah 20 nilai.

#### 4.2.7 Discrete Cosine Transform

Hasil dari *filter bank* yang masih dalam domain frekuensi diubah ke domain waktu menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT). Hasil dari DCT ini sebanyak 13 koefisien yang disebut dengan fitur MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficient). MFCC diturunkan untuk mengambil *Transformasi Fourier* dari sinyal, memetakan energi dari spektrum yang diperoleh ke skala mel. Tiap 1 *frame* akan menghasilkan sebanyak 13 koefisien. Sehingga 13 koefisien dikalikan dengan banyaknya *frame* dalam satu sinyal seperti yang terlihat pada gambar 4.9. Hasil MFCC ditampilkan dalam bentuk spektrogram untuk mengetahui persebaran energi pada fitur sinyal tersebut.



**Gambar 4.9:** Hasil fitur sinyal bacaan Q.S.An-naas:1

### 4.3 Analisa Pengujian Perbandingan Nilai dengan *Dynamic Time Warping* (DTW)

Sinyal rekaman suara yang telah diproses dengan *Mel Frequency Cepstral Coefficient* akan didapatkan nilai ciri. Nilai ciri inilah yang akan digunakan dalam pengujian identifikasi bacaan menggunakan *Dynamic Time Warping* (DTW). Rekaman bacaan akan diidentifikasi satu persatu dengan acuan rekaman bacaan. Dari setiap proses perhitungan menggunakan fungsi DTW akan dihasilkan sebuah nilai jarak. Nilai jarak yang dihasilkan jumlahnya sama dengan jumlah acuan rekaman bacaan. Dari sejumlah nilai yang telah ada tersebut, dilihat nilai jarak terkecil. Nilai terkecil yang menjadi penentu kebenaran bacaan.

Urutan acuan rekaman bacaan yaitu :

1. Q.S. An-naas:1
2. Q.S. Al-falaq:1
3. Q.S. Al-ikhlas:1
4. Q.S. Al-ikhlas:2
5. Q.S. Al-ikhlas:3
6. Q.S. Al-ikhlas:4
7. Q.S. Al-kafirun:1

Apabila nilai jarak terkecil berada pada baris ketiga, hasil identifikasi rekaman bacaan yang diuji paling mirip dengan Q.S. Al-ikhlas:1. Setelah diketahui nilai jarak terkecil berada pada letak acuan seberapa, kemudian dilihat apakah ayat rekaman yang diujikan sama dengan ayat acuan dengan nilai jarak terkecil tersebut.

#### 4.3.1 Pengujian terhadap acuan jenis kelamin pembaca yang melakukan rekaman bacaan

Pada pengujian ini dilakukan dengan membandingkan acuan rekaman bacaan dari jenis kelamin yang berbeda. Terdapat tabel yang berisi informasi nilai jarak yang dibandingkan, benar dan salahnya identifikasi dilihat dari nilai terpendek. Dalam tabel yang ada, nilai jalur terpendek ditandai dengan warna biru.

**Tabel 4.1:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 1

Acuan	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlās:1	Al-Ikhlās:2	Al-Ikhlās:3	Al-Ikhlās:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	10128	7047	9353	24364	18266	30866	80338
Al-Falaq:1	17348	2299	17160	23365	22076	29600	24624
Al-Ikhlās:1	18118	17160	13493	17068	17602	25156	22688
Al-Ikhlās:2	24364	23365	17068	3343	52939	19590	14928
Al-Ikhlās:3	18266	22076	17602	52939	2525	14342	17266
Al-Ikhlās:4	30866	29600	25156	19590	14342	3324	18609
Al-Kafirun:1	27083	24624	22688	14928	17266	18609	4322
Hasil identifikasi	B	B	S	B	B	B	B

33

**Tabel 4.2:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 1

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlās:1	Al-Ikhlās:2	Al-Ikhlās:3	Al-Ikhlās:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	7927	24708	12450	23552	20450	24902	6762
Al-Falaq:1	16606	15759	16969	21395	19226	23644	19380
Al-Ikhlās:1	16147	15998	12812	18122	16732	21021	18099
Al-Ikhlās:2	20073	15842	32993	19958	11902	40421	9676
Al-Ikhlās:3	11990	15120	70211	15253	6410	33966	11640
Al-Ikhlās:4	26534	21506	23535	23855	16533	16120	17975
Al-Kafirun:1	23422	24869	23094	42473	27421	50999	8025
Hasil identifikasi	B	S	S	S	B	B	S

**Tabel 4.3:** Nilai jarak antara rekaman bacaan perempuan 1 dan template rekaman bacaan laki-laki 1

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	12803	19435	19394	22586	22538	23216	11628
Al-Falaq:1	17507	14216	18014	21005	21467	21768	18651
Al-Ikhlâs:1	14291	15540	12800	15893	16793	18252	16716
Al-Ikhlâs:2	15418	16365	95567	5712	36151	65300	54559
Al-Ikhlâs:3	80568	16440	94244	73091	2857	53644	69872
Al-Ikhlâs:4	22569	24464	27033	23255	17362	15378	21758
Al-Kafirun:1	23693	24913	22012	20919	19923	12168	12413
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	S	S

**Tabel 4.4:** Nilai jarak antara rekaman bacaan perempuan 2 dan template rekaman bacaan laki-laki 1

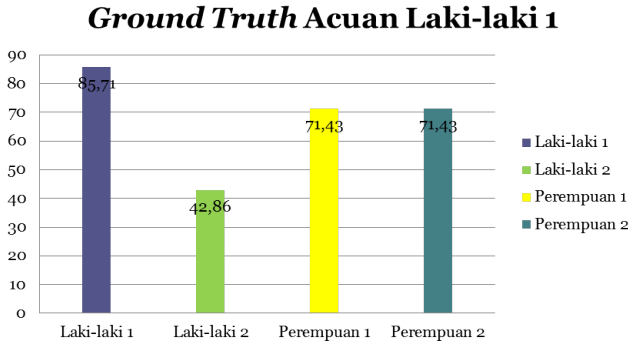
Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	14265	13029	9737	20059	19828	21952	12917
Al-Falaq:1	27010	13029	22764	19567	18543	21124	24648
Al-Ikhlâs:1	23625	20311	17415	15457	15056	17193	24176
Al-Ikhlâs:2	27798	20244	94783	4202	85915	57648	14682
Al-Ikhlâs:3	90250	20818	91199	9118	11634	29799	12187
Al-Ikhlâs:4	33517	26691	20856	25255	29399	13924	96009
Al-Kafirun:1	31755	28879	14413	17006	18030	14876	12289
Hasil identifikasi	B	B	S	B	B	B	S

Tabel 4.1 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan laki-laki 1 yang dibandingkan dengan acuan rekaman bacaan laki-laki 1. Kolom pertama yaitu acuan. Terdapat satu kesalahan identifikasi pada data uji Q.S. Al-ikhlas:1 dari hasil nilai jarak terkecil dikenali sebagai Q.S. An-naas:1. Sehingga akurasi identifikasi data uji laki-laki 1 dari enam identifikasi benar yaitu 85,71%.

Pada tabel 4.2 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan laki-laki 2 yang dibandingkan dengan acuan rekaman bacaan laki-laki 1. Terdapat empat kesalahan identifikasi pada data uji Q.S. Al-falaq:1, Q.S. Al-ikhlas:1, Q.S. Al-ikhlas:2, dan Q.S. Al-kafirun:1. Sehingga akurasi identifikasi yaitu sebesar 42,86%.

Pada tabel 4.3 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan perempuan 1 yang dibandingkan dengan acuan rekaman bacaan laki-laki 1. Terdapat dua kesalahan identifikasi pada data uji Q.S. Al-ikhlas:4 dan Q.S. Al-kafirun:1. Sehingga akurasi identifikasi yaitu sebesar 71,43%.

Pada tabel 4.4 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan perempuan 2 yang dibandingkan dengan acuan rekaman bacaan laki-laki 1. Terdapat dua kesalahan identifikasi pada data uji Q.S. Al-ikhlas:1 dan Q.S. Al-kafirun:1. Sehingga akurasi identifikasi yaitu sebesar 71,43%.



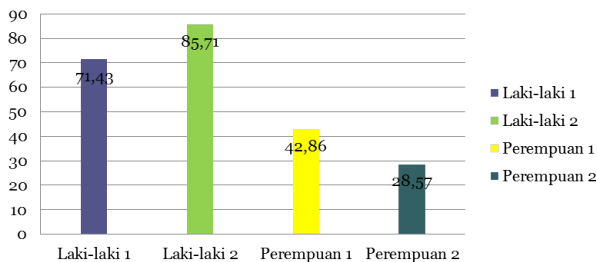
**Gambar 4.10:** Persentase hasil identifikasi acuan rekaman bacaan laki-laki 1

Gambar 4.10 merupakan persentase perhitungan nilai rekaman bacaan dengan acuan rekaman bacaan laki-laki 1. Hasil identifikasi

yang terlihat, Persentase identifikasi paling bagus berada pada data uji rekaman bacaan laki-laki 1, dengan nilai 85,71%.

Untuk acuan bacaan laki-laki 2, perempuan 1, dan perempuan 2 juga dilihat dari nilai jarak antar ayat yang diidentifikasi.

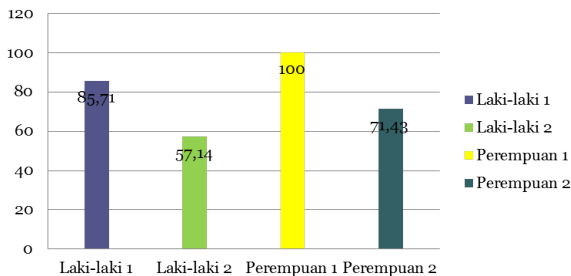
**Ground Truth Acuan Laki-laki 2**



**Gambar 4.11:** Persentase hasil identifikasi acuan rekaman bacaan laki-laki 2

Gambar 4.11 merupakan persentase perhitungan nilai rekaman bacaan dengan acuan rekaman bacaan laki-laki 2. Hasil identifikasi yang terlihat, Persentase identifikasi paling bagus berada pada data uji rekaman bacaan laki-laki 2, dengan nilai 85,71%. Nilai tertinggi sama dengan nilai dengan acuan laki-laki 1.

**Ground Truth Acuan Perempuan 1**

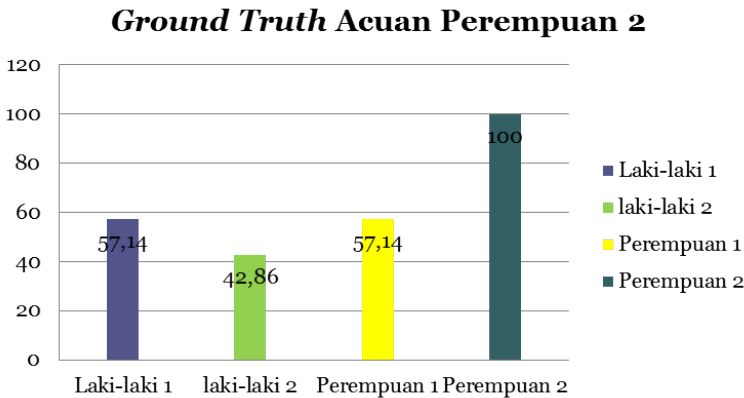


**Gambar 4.12:** Persentase hasil identifikasi acuan rekaman bacaan perempuan 1

Gambar 4.12 merupakan persentase perhitungan nilai rekaman



bacaan dengan acuan rekaman bacaan perempuan 1. Hasil identifikasi yang terlihat, Persentase identifikasi paling bagus berada pada data uji rekaman bacaan perempuan 1, dengan nilai 100%.



**Gambar 4.13:** Persentase hasil identifikasi acuan rekaman bacaan perempuan 2

Gambar 4.13 merupakan persentase perhitungan nilai rekaman bacaan dengan acuan rekaman bacaan perempuan 2. Hasil identifikasi yang terlihat, Persentase identifikasi paling bagus berada pada data uji rekaman bacaan perempuan 2, dengan nilai 100%.

Dari keempat hasil persentase pengujian jenis kelamin, terlihat bahwa hasil identifikasi yang paling bagus yaitu nilai jarak antara data uji dan data acuan rekaman bacaan adalah orang yang sama. Semakin mirip ciri suara data uji dengan acuan rekaman bacaan maka kecocokannya besar.

Dalam pengujian ini juga dilakukan pada acuan jenis kelamin campuran yaitu acuan rekaman bacaan dari laki-laki 1, laki-laki 2, perempuan 1, dan perempuan 2. Terdapat satu sampel dari masing-masing ayat, sehingga jumlah acuan ada tujuh rekaman bacaan dikalikan empat orang. Jumlah data rekaman bacaan acuan ada 28 rekaman.

Dari hasil masing-masing acuan setiap jenis kelamin yang telah diuji dibandingkan dengan acuan campuran dari keempat pembaca.

**Tabel 4.5:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan jenis kelamin campuran

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlās:1	Al-Ikhlās:2	Al-Ikhlās:3	Al-Ikhlās:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	13347,8	17042,5	15854	21913,25	50268,5	28371,5	39802
Al-Falaq:1	19617,8	14928,75	17252,25	18954	18613,5	25565,25	25821,25
Al-Ikhlās:1	19679,3	18726,75	14207,5	60102,8	68314	24145	20551,75
Al-Ikhlās:2	22640,3	21333	16635	8303,75	37600,25	22988,74	23831,5
Al-Ikhlās:3	20270,5	20328	16545,75	46726,8	5856,75	19409	20660
Al-Ikhlās:4	25234	24034	20405,5	45739,8	32937,75	12186,5	24163
Al-Kafirun:1	24224,8	21825,75	20419,75	23461,3	27741,25	38587,75	9262,25
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	B	B

**Tabel 4.6:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan jenis kelamin campuran

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlās:1	Al-Ikhlās:2	Al-Ikhlās:3	Al-Ikhlās:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	14856	19702,5	16045,5	21801,25	19476,75	24235,25	18016,75
Al-Falaq:1	17310	14159,75	14903,5	18631,8	17365,5	21597,75	19571,5
Al-Ikhlās:1	16572	15107,75	11325,75	25598,8	16959,5	42141	15226,75
Al-Ikhlās:2	20868,5	14766,75	41426,25	11233,8	29278	39828	17903,75
Al-Ikhlās:3	17899	14482	54292,75	33704,5	9172,75	38477,5	15066,5
Al-Ikhlās:4	15236,5	18564,5	57775,75	23788,3	34662,25	27293,75	37554
Al-Kafirun:1	24224,8	20415,5	19104,5	35458,5	21671,25	46015,25	6820,25
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	S	B

**Tabel 4.7:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 1 dan acuan jenis kelamin campuran

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	14700,5	17003,5	17362,75	19540,25	20185,75	22140,5	17401,5
Al-Falaq:1	15088	13677,5	14819,75	16435	17631,5	19547	17199
Al-Ikhlâs:1	14400,5	14028	9375,5	36990,3	42944	49289,5	31077,75
Al-Ikhlâs:2	14443,8	14532,25	63469	7249,75	26458,25	49568	62322,5
Al-Ikhlâs:3	30074,5	14450,5	67730,25	52767,3	5421,25	36761,75	64527,5
Al-Ikhlâs:4	18781	19205,25	25060	59849,3	41898,75	15258,25	51953,5
Al-Kafirun:1	19945,3	19989,5	16668,5	38439,5	34413	61205	8780,25
Hasil identifikasi	S	B	B	B	B	B	B

**Tabel 4.8:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 2 dan acuan jenis kelamin campuran

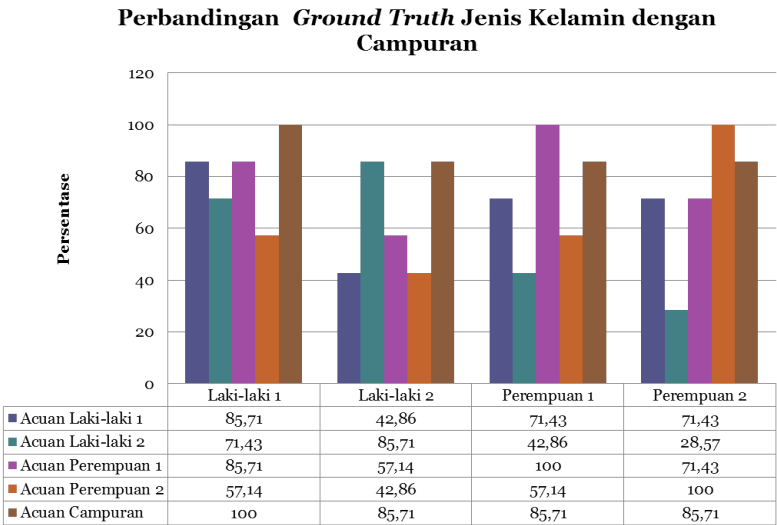
Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	20441,3	18555	18001	18694,5	18038	20933,25	22557,5
Al-Falaq:1	23850,8	15644,75	19289,5	16341,3	15775,5	18536	24018,5
Al-Ikhlâs:1	23557,3	18402,5	12872,75	35769,8	43110,75	47392,75	18755
Al-Ikhlâs:2	26966,3	19730	36931,25	9805	49657,75	39996,5	20250,75
Al-Ikhlâs:3	42387,5	20125,5	32759,5	9795,75	11665,75	41085	15894
Al-Ikhlâs:4	30374	23422,25	59727	23004	26234,5	13267,25	59606
Al-Kafirun:1	29052,8	24379,5	29418,5	26949,3	32322,5	27468,5	10130,75
Hasil identifikasi	B	B	B	S	B	B	B

Pada tabel 4.5 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan laki-laki 1 yang dibandingkan dengan acuan jenis kelamin campuran. Tidak ada kesalahan identifikasi pada data uji rekaman bacaan laki-laki 1. Sehingga akurasi identifikasi data uji laki-laki 1 adalah 100%.

Pada tabel 4.6 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan laki-laki 2. Terdapat kesalahan identifikasi pada data uji rekaman bacaan laki-laki 2 yaitu pada data uji Q.S. Al-Ikhlâs:4. Sehingga akurasi adalah 85,71%.

Pada tabel 4.7 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan perempuan 1. Terdapat kesalahan identifikasi pada data uji rekaman bacaan perempuan 1 yaitu pada data uji Q.S. An-naas:1. Sehingga akurasi identifikasinya 85,71%.

Pada tabel 4.8 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan perempuan 2. Terdapat kesalahan identifikasi pada data uji rekaman bacaan perempuan 2 yaitu pada data uji Q.S. Al-ikhlas:2. Sehingga akurasi identifikasi data uji laki-laki 1 adalah 85,71%.



**Gambar 4.14:** Persentase hasil identifikasi rekaman acuan jenis kelamin dan campuran

Gambar 4.14 adalah diagram perbandingan akurasi acuan per jenis kelamin dengan jenis kelamin campuran. Dapat dilihat bahwa hasil identifikasi dengan acuan campuran memiliki akurasi yang bagus untuk keempat data uji rekaman pembaca. Dari hasil pengujian jumlah acuan yaitu, tingkat identifikasi bacaan akan memiliki hasil akurasi identifikasi dengan *performance* yang bagus dan stabil apabila dalam acuan terdapat banyak rekaman bacaan yang berbeda-beda dari jenis kelamin yang berbeda. Semakin banyak acuan yang ada, akan semakin bagus dalam mengenali bacaan.

### **4.3.2 Pengujian dengan perbandingan metode ekstraksi STFT**

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan metode ekstraksi MFCC dilakukan perbandingan pengujian dengan menggunakan metode ekstraksi yang lain yaitu metode STFT.

Pada tabel 4.9 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan laki-laki 1 menggunakan metode ekstraksi STFT dengan acuan campuran. Terdapat tiga kesalahan identifikasi pada data uji Q.S. An-naas:1, Q.S. Al-ikhlas:4, dan Q.S. Al-kafirun:1. Sehingga akurasi identifikasi data uji laki-laki 1 pada metode ekstraksi STFT dari empat identifikasi yang benar yaitu sebesar 57,14%.

Pada tabel 4.10 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan laki-laki 2 menggunakan metode ekstraksi STFT dengan acuan campuran. Terdapat dua kesalahan identifikasi pada data uji Q.S. An-naas:1 dan Q.S. Al-ikhlas:4. Sehingga akurasi identifikasi data uji laki-laki 2 pada metode ekstraksi STFT dari lima identifikasi yang benar yaitu sebesar 71,43%.

Pada tabel 4.11 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan laki-laki 2 menggunakan metode ekstraksi STFT dengan acuan campuran. Tidak ada kesalahan identifikasi pada data uji rekaman bacaan perempuan 1. Sehingga akurasi identifikasi data uji perempuan 1 adalah 100%.

Pada tabel 4.12 adalah nilai jarak dari data uji rekaman bacaan perempuan 2 menggunakan metode ekstraksi STFT dengan acuan campuran. Tidak ada kesalahan identifikasi pada data uji rekaman bacaan perempuan 2. Sehingga akurasi identifikasi data uji perempuan 2 adalah 100%.

**Tabel 4.9:** Nilai jarak data uji rekaman bacaan laki-laki 1 pada metode ekstraksi STFT

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	130,597	134,727	138,771	165,355	139,269	181,573	164,642
Al-Falaq:1	130	104,315	112,004	148,651	123,647	156,492	138,513
Al-Ikhlâs:1	122,535	125,304	89,6387	120,394	102,741	133,141	123,183
Al-Ikhlâs:2	133,958	135,769	107,568	73,0725	83,771	122,766	114,321
Al-Ikhlâs:3	125,197	124,613	101,92	103,561	75,5895	132,396	117,681
Al-Ikhlâs:4	161,371	151,694	125,113	141,567	125,723	138,844	144,55
Al-Kafirun:1	150,66	137,029	125,49	143,681	125,724	71688,2	132,283
Hasil identifikasi	S	B	B	B	B	S	S

**Tabel 4.10:** Nilai jarak data uji rekaman bacaan laki-laki 2 pada metode ekstraksi STFT

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	113,305	124,397	121,597	146,175	130,746	159,778	155,394
Al-Falaq:1	118,608	92,2121	103,162	131,369	110,197	142,546	127,45
Al-Ikhlâs:1	113,949	99,2559	78,8433	115,713	101,684	123,732	117,744
Al-Ikhlâs:2	110,417	109,029	99,3763	79,0999	95,342	122,231	125,238
Al-Ikhlâs:3	110,325	100,389	88,0135	110,014	80,229	113,149	116,785
Al-Ikhlâs:4	143,235	130,798	120,185	135,298	121,613	129,338	145,606
Al-Kafirun:1	131,693	114,974	112,264	140,344	122,651	148,948	113,545
Hasil identifikasi	S	B	B	B	B	S	B

**Tabel 4.11:** Nilai jarak data uji rekaman bacaan perempuan 1 pada metode ekstraksi STFT

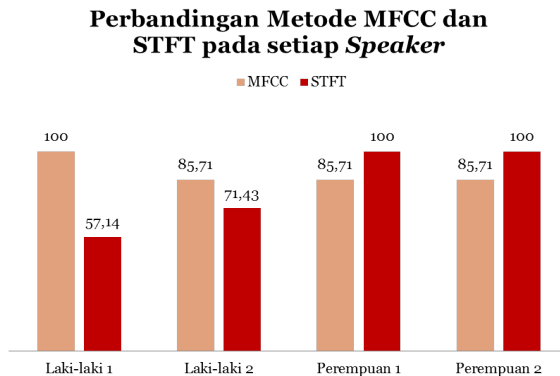
Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	105,337	121,355	120,619	129,634	141,443	181,198	137,08
Al-Falaq:1	110,366	92,9085	104,477	117,61	139,212	161,836	119,689
Al-Ikhlâs:1	116,824	113,247	72,7721	101,775	118,91	141,902	109,775
Al-Ikhlâs:2	123,759	132,325	102,442	72,4419	119,342	160,696	125,396
Al-Ikhlâs:3	114,854	122,882	100,065	88,1908	86,0413	149,522	116,59
Al-Ikhlâs:4	150,78	158,157	134,824	130,939	144,069	128,77	151,572
Al-Kafirun:1	136,795	137,593	121,09	125,482	143,092	172,484	106,829
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	B	B

**Tabel 4.12:** Nilai jarak data uji rekaman bacaan perempuan 2 pada metode ekstraksi STFT

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	146,935	128,943	147,423	139,969	136,554	166,806	167,934
Al-Falaq:1	150,282	97,1406	132,565	132,878	122,391	155,659	144,367
Al-Ikhlâs:1	175,101	114,401	95,3543	111,274	105,14	136,683	149,966
Al-Ikhlâs:2	213	153,385	139,77	67,5002	95,4077	133,676	178,577
Al-Ikhlâs:3	197,635	147,563	138,478	92,0977	81,8693	126,926	170,568
Al-Ikhlâs:4	233,968	175,883	155,335	131,564	130,588	125,855	71705,9
Al-Kafirun:1	205,903	140,424	141,824	134,024	130,157	158,016	135,056
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	B	B

Dari akurasi pengujian menggunakan metode STFT pada setiap pembaca hasilnya dibandingkan dengan akurasi pada pengujian MFCC sebelumnya yaitu pengujian satu yang menggunakan acuan rekaman bacaan jenis kelamin campuran.

Terlihat pada gambar 4.15 persentase identifikasi terbaik untuk data uji rekaman pembaca laki-laki ada pada metode ekstraksi MFCC dengan persentase 100%. Sedangkan untuk data uji rekaman pembaca perempuan yang terbaik ketika menggunakan metode ekstraksi STFT yang juga ada pada persentase 100%. Namun untuk data uji jenis kelamin lainnya persentase identifikasi terbaik ada pada metode ekstraksi MFCC dengan persentase 85,71%.

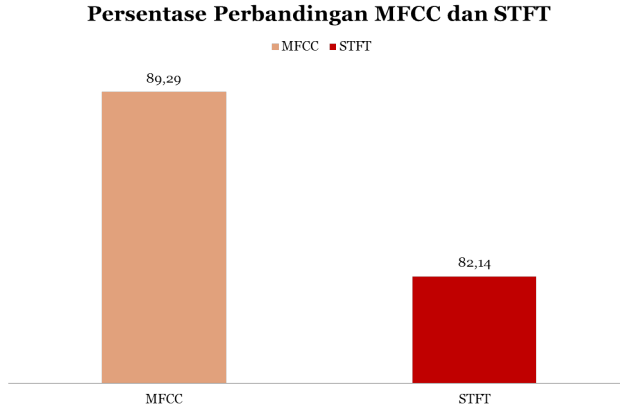


**Gambar 4.15:** Persentase hasil identifikasi rekaman metode ekstraksi MFCC dan STFT pada setiap speaker

Gambar 4.16 adalah persentase hasil keseluruhan identifikasi dengan menggunakan metode ekstraksi MFCC memiliki persentase yang lebih tinggi dari metode ekstraksi STFT, dengan nilai persentase 89,29%.

Dari hasil pengujian perbandingan metode ekstraksi MFCC dan ekstraksi STFT, dapat dilihat bahwa metode ekstraksi MFCC memiliki hasil fitur yang lebih bagus dari STFT dalam menangkap karakteristik suara yang sangat penting untuk identifikasi. Hal itu dikarenakan MFCC mereplikasi organ pendengaran manusia dalam menangkap informasi penting yang terkandung dalam sinyal suara.

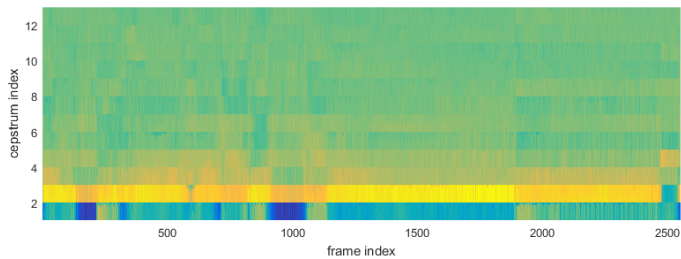




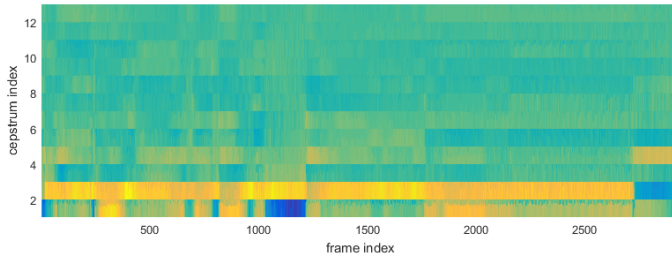
**Gambar 4.16:** Persentase akumulasi perbandingan metode ekstraksi MFCC dan STFT

### 4.3.3 Pengujian terhadap rekaman bacaan diluar *database* acuan

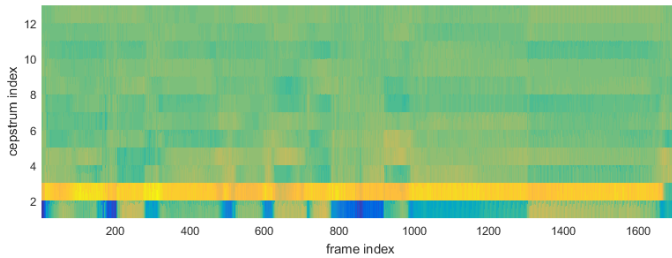
Pada pengujian rekaman bacaan dengan acuan dan data uji yang sama didapatkan *performance* yang stabil dan bagus. Pada pengujian diluar acuan apakah *performance* yang dihasilkan tetap stabil dan bagus seperti sebelumnya. Rekaman bacaan yang dijadikan acuan baru adalah rekaman bacaan dua orang laki-laki dan dua orang perempuan yang telah diketahui ketepatannya dalam membaca Al-Quran. Ayat dibaca oleh qari' dengan menggunakan nada.



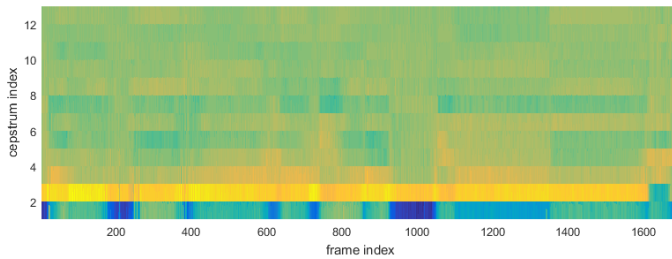
(a) Q.S.An-naas:1 Laki-laki 1



(a) Q.S.An-naas:1 Laki-laki 2



(b) Q.S.An-naas:1 Perempuan 1



(c) Q.S.An-naas:1 Perempuan 2

**Gambar 4.17:** Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar *database* setiap *speaker* pada Q.S.An-naas:1

Gambar 4.17 adalah fitur keempat acuan orang berbeda pada bacaan Q.S. An-naas:1.

**Tabel 4.13:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan empat orang yang berbeda dari sebelumnya

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	17291	14940,5	20864	17690,5	16479	15956,3	17265,8
Al-Falaq:1	25463	15266	18665,3	14001,3	10007,8	12966,8	20311,5
Al-Ikhlâs:1	41856,5	32310,3	35320,3	20099,5	15849,8	16898	34677,8
Al-Ikhlâs:2	35318,3	27032,3	28228,5	15363	14944	24459,3	32144,8
Al-Ikhlâs:3	32153	22705,3	26341,3	15812	11697,8	15590,5	27317,5
Al-Ikhlâs:4	37287,3	27557,3	33634,3	25360	20644,5	10093,5	28839,3
Al-Kafirun:1	23722,5	17605,3	24112,8	20076,3	16569,3	11430,8	16499
Hasil identifikasi	B	S	S	S	S	B	B

**Tabel 4.14:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan empat orang yang berbeda dari sebelumnya

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	18871,8	18713,5	19385,8	33459,3	21550,3	40308,5	19929,5
Al-Falaq:1	20967	7575,25	17732	14811	9550	23223,5	18289
Al-Ikhlâs:1	33412	12720,8	15926,5	17313,5	13903,8	17673,3	29553,3
Al-Ikhlâs:2	27954,3	13343,3	20568,5	16808,5	14078,5	33842,3	26600,3
Al-Ikhlâs:3	25186	9391,25	20914,5	14727,5	9978	23509,5	23842
Al-Ikhlâs:4	34086,5	16489,3	30635	21550	17865,8	15404,3	29425,3
Al-Kafirun:1	24898,8	15449	22879,5	24791	17117	29300,8	18994
Hasil identifikasi	B	B	B	S	S	B	S

**Tabel 4.15:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 1 dan acuan rekaman bacaan empat orang yang berbeda dari sebelumnya

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	19799,3	19843,5	23916,8	21849,8	19081,5	13831,3	18065,3
Al-Falaq:1	20087,3	15492	20325	16011	13223,3	12976	17985,3
Al-Ikhlâs:1	27246	24234,5	29458,5	22116	16758,5	20739,8	28168,5
Al-Ikhlâs:2	20928,8	21304,5	23700,5	16037,3	13412,5	19409	23734,5
Al-Ikhlâs:3	21427,3	18145,8	22889	17399,5	12835,5	14375	21788,5
Al-Ikhlâs:4	31243,8	27487	33706,5	27827,8	22494,5	23471,8	30151,5
Al-Kafirun:1	23879,3	21623,3	26748,3	22804,3	18898,8	17394	22459,8
Hasil identifikasi	B	B	S	S	B	S	S

**Tabel 4.16:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 2 dan acuan rekaman bacaan empat orang yang berbeda dari sebelumnya

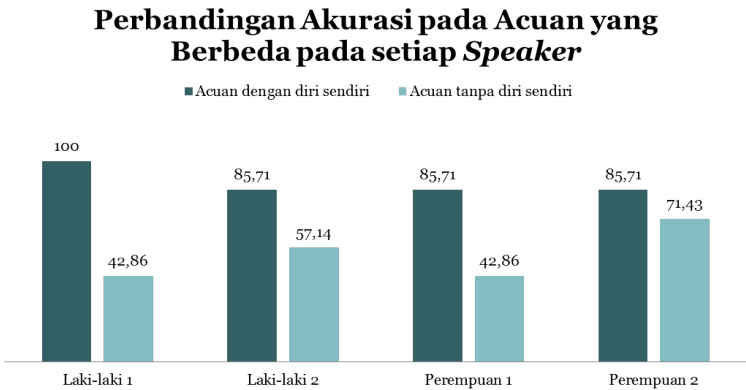
Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	14006,5	15060	16611	21427,5	25252,8	14447,3	12535,8
Al-Falaq:1	19946	7427,25	14110,8	19308,8	25014	9861,25	12784
Al-Ikhlâs:1	36219,8	19058,3	28883	47858,8	32542,3	16898,8	24993,8
Al-Ikhlâs:2	32989,5	21921,3	25347	18969,5	25286	15583,8	26569,8
Al-Ikhlâs:3	28096,5	13696	20654,8	21455,3	24321	11064,8	18864
Al-Ikhlâs:4	29271	15645,8	26196	31709,8	35754,5	19516	20787,3
Al-Kafirun:1	17245,5	11963,8	18259,3	25106,8	27522,8	15295,5	12455
Hasil identifikasi	B	B	S	B	B	S	B

Tabel 4.13 adalah nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dengan acuan diluar database. Pada identifikasi ini, terdapat empat kesalahan identifikasi yaitu pada data uji Q.S.Al-falaq:1, Q.S.Al-ikhlas:1, Q.S.Al-ikhlas:2, dan Q.S.Al-ikhlas:3. Dari tiga identifikasi benar, akurasi dari data uji laki-laki 1 yaitu 42,86%.

Tabel 4.14 adalah nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dengan acuan diluar database. Pada identifikasi ini, terdapat tiga kesalahan identifikasi yaitu pada data uji Q.S.Al-ikhlas:2, Q.S.Al-ikhlas:4, dan Q.S.Al-kafirun:1. Dari empat identifikasi benar, akurasi dari data uji laki-laki 2 yaitu 57,14%.

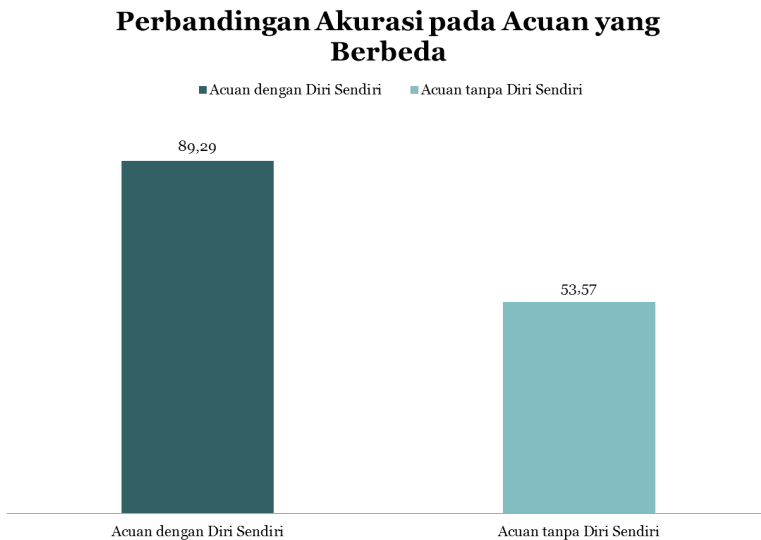
Tabel 4.15 adalah nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 1 dengan acuan diluar database. Pada identifikasi ini, terdapat empat kesalahan identifikasi yaitu pada data uji Q.S.Al-ikhlas:1, Q.S.Al-ikhlas:2, Q.S.Al-ikhlas:4, dan Q.S.Al-kafirun:1. Dari tiga identifikasi benar, akurasi dari data uji perempuan 1 yaitu 42,86%.

Tabel 4.16 adalah nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 2 dengan acuan diluar database. Pada identifikasi ini, terdapat dua kesalahan identifikasi yaitu pada data uji Q.S.Al-ikhlas:1 dan Q.S.Al-ikhlas:4. Dari lima identifikasi benar, akurasi dari data uji perempuan 2 yaitu 71,43%.



**Gambar 4.18:** Persentase perbandingan akurasi pada acuan berbeda tiap speaker

Dari akurasi pengujian pada acuan yang berbeda hasilnya dibandingkan dengan akurasi pada pengujian MFCC sebelumnya yaitu pengujian satu yang menggunakan acuan jenis kelamin campuran. Akurasi paling bagus berada pada data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan laki-laki 2 pada acuan dengan diri sendiri yaitu 100 %. Akurasi identifikasi terburuk berada pada data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan perempuan 1 pada pengujian acuan tanpa diri sendiri seperti yang terlihat pada gambar 4.18.



**Gambar 4.19:** Persentase perbandingan akumulasi akurasi pada acuan berbeda

Pada gambar 4.19 merupakan akumulasi dari akurasi pengujian acuan dengan diri sendiri dan acuan tanpa diri sendiri. Error terbesar pada pengujian acuan tanpa diri sendiri. Dari hasil akurasi yang didapatkan pada acuan diluar *database* mengalami penurunan yang cukup banyak dikarenakan tidak ada suara data uji di dalam *database* acuan.

Fitur yang ada ternyata juga berpengaruh pada identifikasi, karena fitur data uji dan data acuan tidak sama. Acuan rekaman

bacaan baru yang dibaca dengan bagus menggunakan nada dan tepat dibandingkan dengan rekaman data uji yang dibaca tanpa nada fiturnya jauh berbeda seperti yang terlihat pada gambar 4.17 dibandingkan dengan fitur yang ada pada lampiran. Selain itu penyebabnya yaitu rekaman bacaan diekstraksi secara utuh satu rekaman, tidak diekstrak perfonem. Perubahan frekuensi nada mendominasi informasi pengucapan pada setiap bacaan kalah karena informasi tersebut. Dari hasil ini metode MFCC dapat melihat kualitas bacaan yang baik dan bacaan rata-rata.

Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat ayat yang paling banyak benar pada saat identifikasi. Pada keseluruhan pengujian setiap ayat dilakukan 36 pengujian, sehingga masing-masing pengujian pada setiap ayat dilakukan pengujian sebanyak empat kali oleh empat *speaker*. Selain ayat yang paling banyak benar pada saat identifikasi, dapat juga dilihat kesalahan identifikasi yang paling banyak pada saat pengujian. Hal ini untuk melihat pada identifikasi setiap ayat, seberapa sering ayat tersebut terkenali sebagai ayat lain pada saat pengujian.

Pada tabel 4.17 adalah tabel kesalahan identifikasi pada pengujian acuan orang berbeda (acuan diluar *database*). Terlihat dari identifikasi, ayat yang paling sering salah pada saat identifikasi yaitu Q.S. Al-ikhlas:1 yang lebih banyak dikenali sebagai Q.S. Al-falaq:1 sejumlah tiga kali. Untuk dua kali kesalahan identifikasi yaitu Q.S. Al-ikhlas:2, Q.S. Al-ikhlas:3, Q.S. Al-ikhlas:4, dan Q.S. Al-kafirun:1 yang semuanya dikenali sebagai Q.S. Al-falaq:1. Satu kali kesalahan acuan Q.S. Al-falaq:1 yang dikenali sebagai Q.S. An-naas:1, serta Q.S. Al-ikhlas:2 yang dikenali sebagai Q.S. Al-ikhlas:3.

Tabel 4.18 adalah persentase identifikasi rekaman bacaan yang pada seluruh pengujian dilihat dari ayat yang dibaca. Akurasi identifikasi terbaik yaitu 100%, sedangkan akurasi terburuk yaitu 25%. Akumulasi dari persentase akurasi identifikasi terdapat pada tabel 4.19 dengan nilai persentase identifikasi terbaik yaitu Q.S.Al-ikhlas:3 dan Q.S.Al-kafirun:1 yaitu 80,56%. Sedangkan untuk akurasi identifikasi paling buruk yaitu Q.S.Al-ikhlas:4 yaitu 63,89%. Diagram akumulasi persentase akurasi setiap ayat dapat dilihat pada gambar 4.20.

**Tabel 4.17:** Kesalahan identifikasi setiap ayat pada acuan rekaman bacaan diluar *database* (acuan orang berbeda)

Acuan	Speaker						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlas:1	Al-Ikhlas:2	Al-Ikhlas:3	Al-Ikhlas:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	0	1	0	0	0	0	0
Al-Falaq:1	0	0	3	2	2	2	2
Al-Ikhlas:1	0	0	0	0	0	0	0
Al-Ikhlas:2	0	0	0	0	0	0	0
Al-Ikhlas:3	0	0	0	1	0	0	0
Al-Ikhlas:4	0	0	0	0	0	0	0
Al-Kafirun:1	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah kesalahan	0	1	3	3	2	2	2

**Tabel 4.18:** Persentase kebenaran identifikasi bacaan tiap ayat pada setiap pengujian

	an-naas:1	al-falaq:1	al-ikhlas:1	al-ikhlas:2	al-ikhlas:3	al-ikhlas:4	al-kafirun:1
Acuan laki-laki 1	100	75	25	75	100	75	25
Acuan laki-laki 2	50	50	75	25	75	25	100
Acuan perempuan 1	100	50	100	75	75	75	75
Acuan perempuan 2	50	25	75	100	25	75	100
Acuan campuran	75	100	100	75	100	75	100
Ekstraksi STFT	50	100	100	100	100	50	75
Ekstraksi MFCC	75	100	100	75	100	75	100
Acuan orang sama	75	100	100	75	100	75	100
Acuan orang berbeda	100	75	25	25	50	50	50

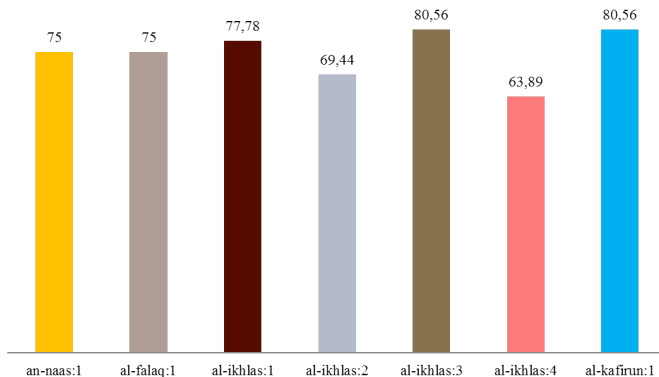


**Tabel 4.19:** Persentase hasil identifikasi setiap ayat

Surah	Persentase identifikasi
an-naas:1	75
al-falaq:1	75
al-ikhlas:1	77,78
al-ikhlas:2	69,44
al-ikhlas:3	80,56
al-ikhlas:4	63,89
al-kafirun:1	80,56

Dari hasil kesalahan yang ada, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan fitur yang besar antara data uji dan acuan, seperti yang terlihat pada gambar 4.17 yang dibandingkan dengan fitur pada lampiran. Nada ketika membaca juga mempengaruhi hasil dari identifikasi, karena fitur yang dihasilkan membaca Al-Quran tanpa nada dan dengan nada berbeda. Informasi-informasi (karakteristik) penting yang ada dalam suara tertutup oleh dominasi nada yang ada.

**Persentase hasil identifikasi berdasarkan ayat**



**Gambar 4.20:** Diagram presentase hasil identifikasi setiap ayat

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 5

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dalam tugas akhir ini, telah dilakukan pengambilan data rekaman bacaan Al-Quran, kemudian dilakukan ekstraksi fitur menggunakan *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) untuk mendapatkan nilai ciri, nilai ciri inilah yang kemudian dilakukan identifikasi ayat pada bacaan menggunakan *Dynamic Time Warping* (DTW). Dari proses tersebut, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil akurasi terbaik berdasarkan pengujian acuan jenis kelamin dan campuran yaitu rekaman data uji dan acuan adalah subjek atau pembaca yang sama dengan akurasi 100%.
2. Hasil identifikasi semakin baik jika dalam acuan terdapat banyak acuan bacaan dengan jenis kelamin yang berbeda atau campuran, karena nilainya diakumulasi dan di rata-rata per surah baru kemudian hasil rata-rata yang paling kecil yang diambil.
3. Nilai akurasi metode ekstraksi MFCC memiliki akurasi terbaik yaitu 89,29% karena hasil fiturnya sesuai dengan karakteristik pendengaran manusia.
4. Hasil identifikasi dengan acuan diluar data uji memiliki akurasi yang kurang baik yaitu 53,57%. Hal ini dikarenakan rekaman acuan dan data uji memiliki fitur yang berbeda.
5. Penurunan *performance* terjadi karena salah satu acuannya qari yang membaca menggunakan nada bacaan yang berbeda dari sinyal yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pada ekstraksi fitur yang dimuat MFCC memuat perubahan frekuensi yang ada dalam bacaan Al-Quran.

### 5.2 Saran

Demi pengembangan lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, disarankan beberapa langkah lanjutan sebagai berikut :

1. Pengenalan dapat dilihat perfonem
2. Penambahan ayat yang lebih panjang pada database.
3. Pembuatan sistem *real time*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISTILAH

$\alpha$	= Alpha
C	= Seri waktu ke-2
$c_j$	= Elemen dari matriks C
$c_m$	= Panjang C
$D(i,j)$	= Jarak jalur kumulatif
$d(q_i, c_j)$	= Jarak euclidian
e	= bilangan euner
$F(mel)$	= Hasil mel
f	= Frekuensi
$f_{cm(mel)}$	= Frekuensi pusat dari filter
$f_{H(mel)}$	= Frekuensi ujung atas filter
$f_{L(mel)}$	= Frekuensi ujung bawah filter
$H_m[N]$	= koefisien <i>filterbank</i> pada frekuensi ke-n
$HW(n)$	= <i>Hamming window</i>
j	= Bilangan imajiner $\sqrt{-1}$
k	= Jumlah koefisien yang diharapkan
M	= Jumlah channel pada <i>filterbank</i>
m	= Panjang <i>windows</i>
N	= Jumlah sampel
n	= Waktu
$\omega$	= Omega, kecepatan sudut
p	= Urutan mel skala cepstrum
Q	= Seri waktu ke-1
$q_i$	= Elemen dari matriks Q
$q_n$	= Panjang Q
$S(m,\omega)$	= Sinyal hasil STFT
$S_n$	= Sinyal hasil FFT
$S_k$	= Nilai sampel sinyal
T	= Jumlah data yang teridentifikasi benar
U	= Jumlah identifikasi yang dilakukan
$W[n]$	= <i>Windows</i>
$X_m$	= Sinyal hasil filter bank
$X_{m(ln)}$	= Hasil <i>filter bank</i> di ln-kan
$X[n]$	= Sinyal masukan ke-n
$X[n-1]$	= Waktu sinyal sebelumnya
$Y[n]$	= Sinyal hasil <i>pre-emphasis</i>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

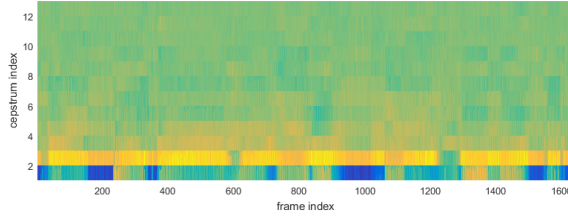
- [1] Anonim, “Pengenalan ucapan.” URL:[https://id.wikipedia.org/wiki/Pengenalan\\_ucapan](https://id.wikipedia.org/wiki/Pengenalan_ucapan), September 2016. (Dikutip pada halaman 5).
- [2] S. K.Gaikwad, B. W.Gawali, and P. Yannawar, “A review on speech recognition technique,” International Journal of Computer Applications, vol. 10, pp. 16–24, November 2010. (Dikutip pada halaman 5).
- [3] Anonim, “Mel frequency cepstral coefficient (mfcc).” URL:<http://www.metode-algoritma.com/2015/07/pengenal-ucapan-algoritma-mfcc-dan.html>, Oktober 2016. (Dikutip pada halaman 8).
- [4] D. Putra and A. Resmawan, “Verifikasi biometrika suara menggunakan metode mfcc dan dtw,” Lontar Komputer, vol. 2, no. 1, pp. 8–21. (Dikutip pada halaman 9, 10, 11, 12, 13, 17).
- [5] T. B. Amin and I. Mahmood, “Speech recognition using dynamic time warping,” ICAST 2008, 2nd International Conference on Advances in Space Technologies, vol. 2, pp. 74–79, November 2008. (Dikutip pada halaman 9, 11, 13, 14, 15, 16).
- [6] L. Muda, M. Begam, and I.Elamvazuthi, “Voice recognition algorithms using mel frequency cepstral coefficient (mfcc) and dynamic time warping (dtw) techniques,” Journal of Computing, vol. 2, pp. 138–143, March 2010. (Dikutip pada halaman 10, 11, 12, 13, 14, 15).
- [7] T. Hayadi, Y. K. Suprpto, and S. Sumpeno, “Estimasi sinyal gamelan menggunakan *Kalman Filter* untuk transkripsi.” (Dikutip pada halaman 18).

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

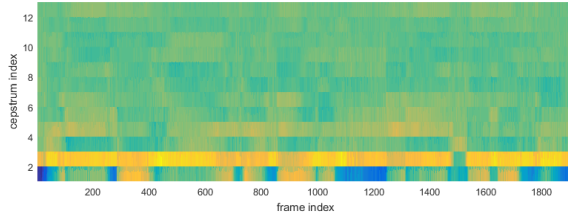


## LAMPIRAN

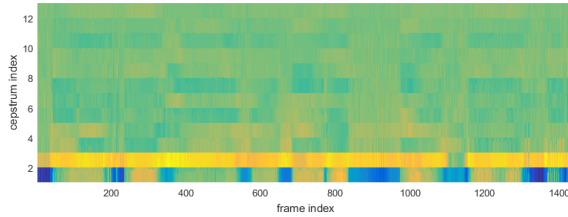
### 1. Fitur sinyal bacaan acuan diluar *database* pada Q.S.Al-falaq:1



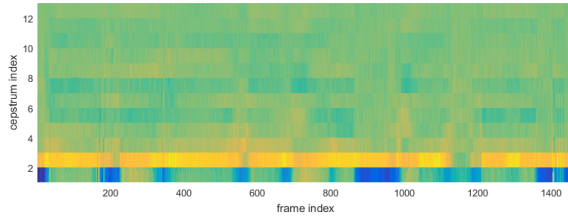
(a) Q.S.Al-falaq:1 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-falaq:1 laki-laki 2



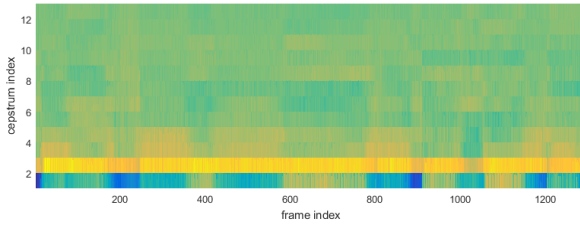
(c) Q.S.Al-falaq:1 perempuan 1



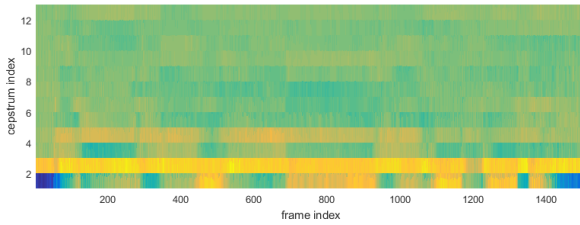
(d) Q.S.Al-falaq:1 perempuan 2

**Gambar 1:** Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar *database* setiap *speaker* pada Q.S.Al-falaq:1

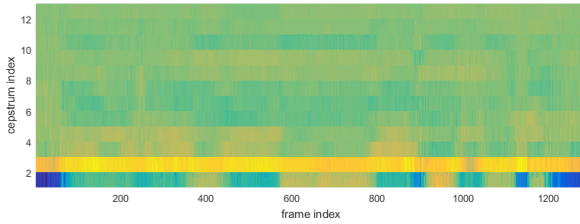
2. Fitur sinyal bacaan acuan diluar *database* pada Q.S.Al-ikhlas:1



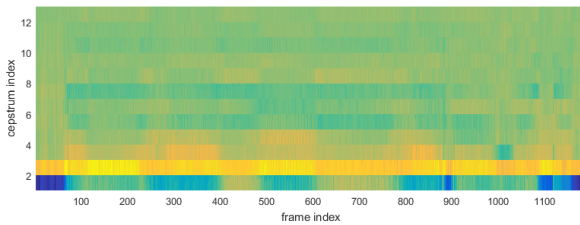
(a) Q.S.Al-ikhlas:1 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-ikhlas:1 laki-laki 2



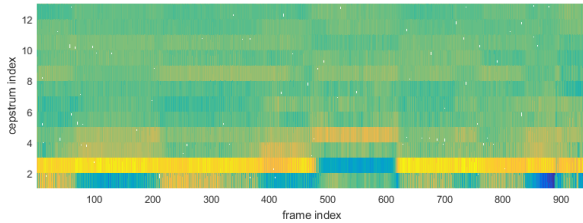
(c) Q.S.Al-ikhlas:1 perempuan 1



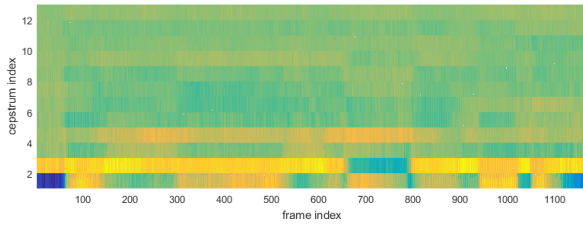
(d) Q.S.Al-ikhlas:1 perempuan 2

**Gambar 2:** Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar *database* setiap *speaker* pada Q.S.Al-ikhlas:1

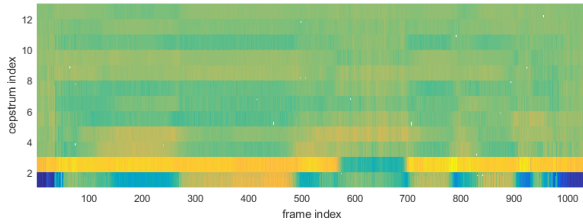
3. Fitur sinyal bacaan acuan diluar *database* pada Q.S.Al-ikhlas:2



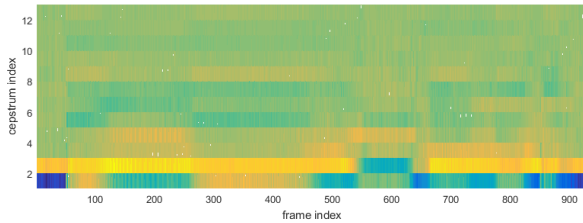
(a) Q.S.Al-ikhlas:2 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-ikhlas:2 laki-laki 2



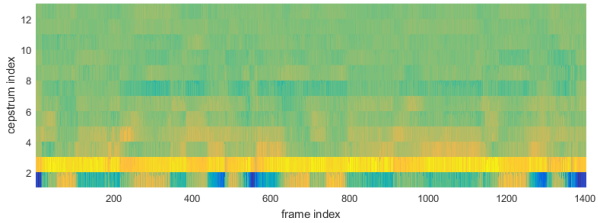
(c) Q.S.Al-ikhlas:2 perempuan 1



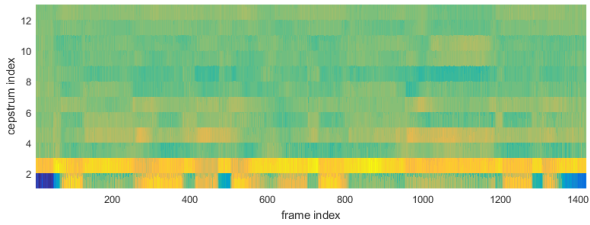
(d) Q.S.Al-ikhlas:2 perempuan 2

**Gambar 3:** Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar *database* se-tiap *speaker* pada Q.S.Al-ikhlas:2

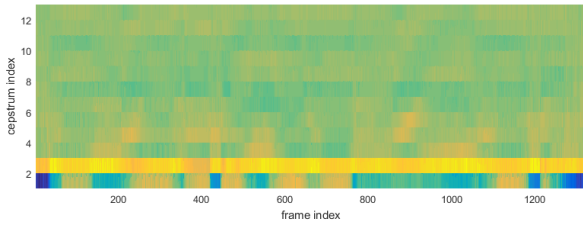
4. Fitur sinyal bacaan acuan diluar *database* pada Q.S.Al-ikhlas:3



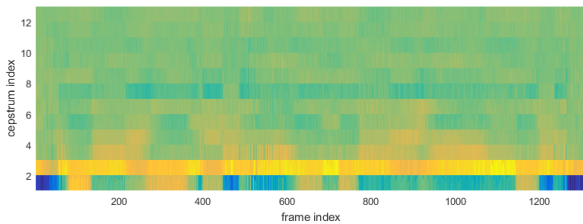
(a) Q.S.Al-ikhlas:3 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-ikhlas:3 laki-laki 2



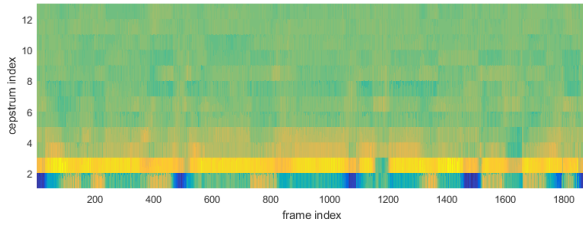
(c) Q.S.Al-ikhlas:3 perempuan 1



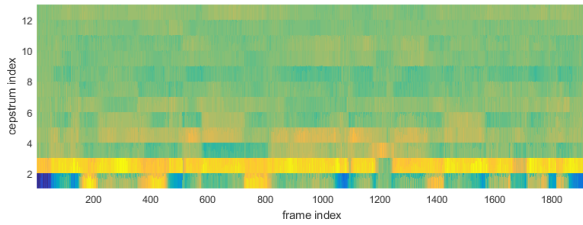
(d) Q.S.Al-ikhlas:3 perempuan 2

**Gambar 4:** Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar *database* setiap *speaker* pada Q.S.Al-ikhlas:3

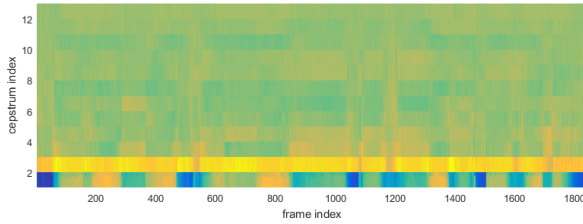
5. Fitur sinyal bacaan acuan diluar *database* pada Q.S.AL-ikhlas:4



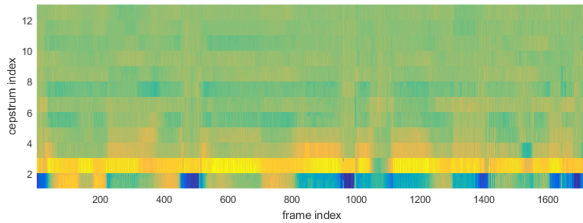
(a) Q.S.AL-ikhlas:4 laki-laki 1



(b) Q.S.AL-ikhlas:4 laki-laki 2



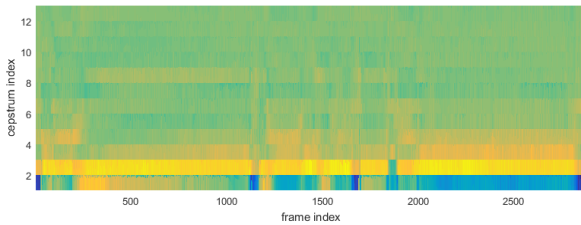
(c) Q.S.AL-ikhlas:4 perempuan 1



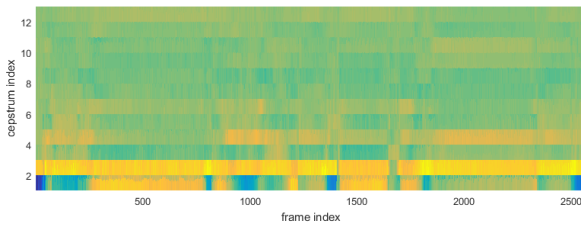
(d) Q.S.AL-ikhlas:4 perempuan 2

**Gambar 5:** Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar *database* se-tiap *speaker* pada Q.S.AL-ikhlas:4

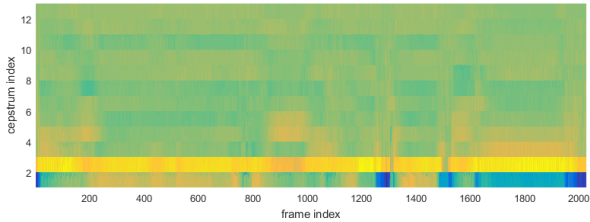
6. Fitur sinyal bacaan acuan diluar *database* pada Q.S.Al-kafirun:1



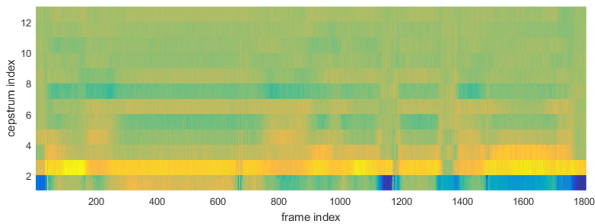
(a) Q.S.Al-kafirun:1 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-kafirun:1 laki-laki 2



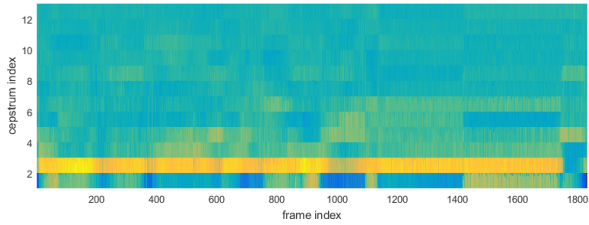
(c) Q.S.Al-kafirun:1 perempuan 1



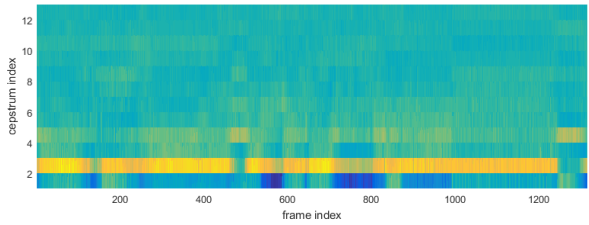
(d) Q.S.Al-kafirun:1 perempuan 2

**Gambar 6:** Perbedaan fitur rekaman bacaan acuan diluar *database* se-tiap *speaker* pada Q.S.Al-kafirun:1

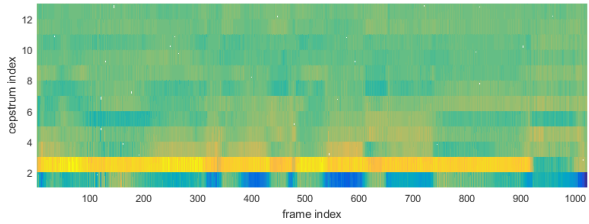
## 7. Fitur sinyal bacaan pada data uji Q.S.An-naas:1



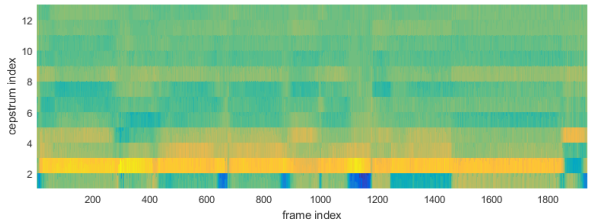
(a) Q.S.An-naas:1 laki-laki 1



(b) Q.S.An-naas:1 laki-laki 2



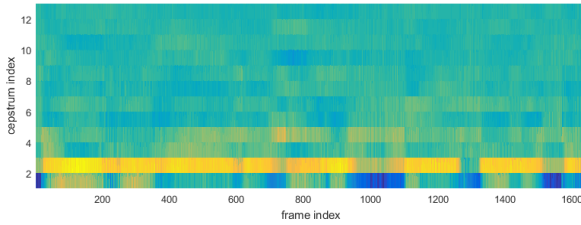
(c) Q.S.An-naas:1 perempuan 1



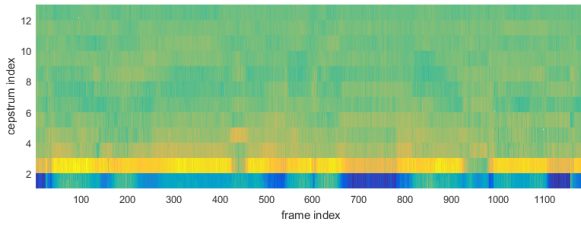
(d) Q.S.An-naas:1 perempuan 2

**Gambar 7:** Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap *speaker* pada Q.S.An-naas:1

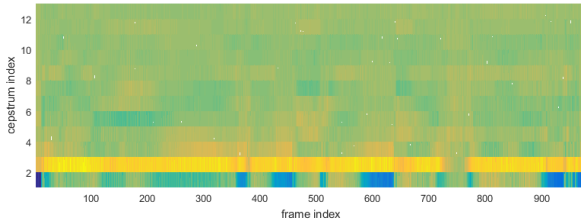
8. Fitur sinyal bacaan pada data uji Q.S.Al-falaq:1



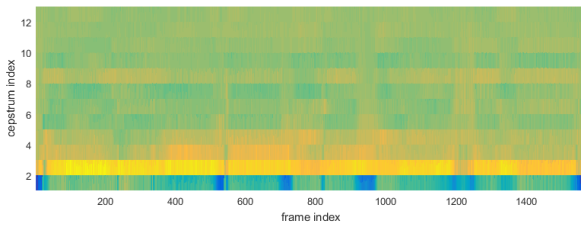
(a) Q.S.Al-falaq:1 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-falaq:1 laki-laki 2



(c) Q.S.Al-falaq:1 perempuan 1

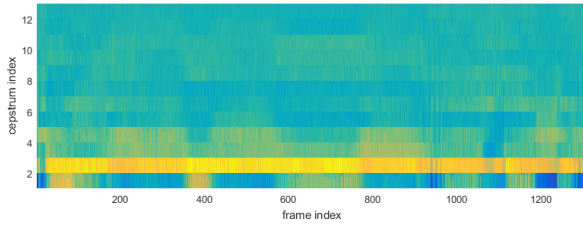


(d) Q.S.Al-falaq:1 perempuan 2

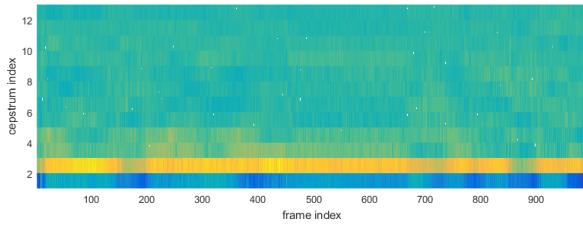
**Gambar 8:** Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap *speaker* pada Q.S.Al-falaq:1



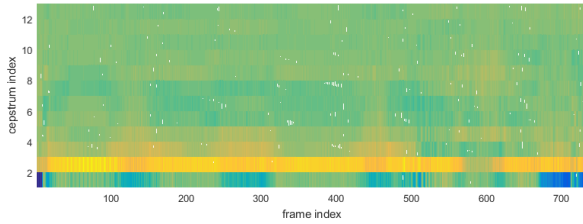
## 9. Fitur sinyal bacaan pada data uji Q.S.Al-ikhlas:1



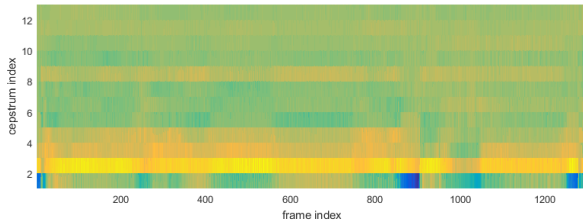
(a) Q.S.Al-ikhlas:1 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-ikhlas:1 laki-laki 2



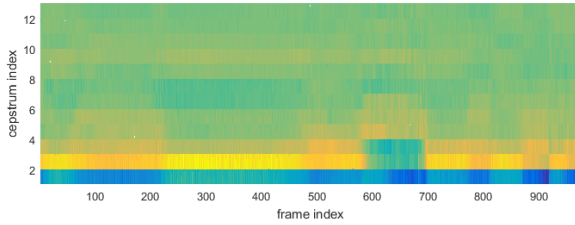
(c) Q.S.Al-ikhlas:1 perempuan 1



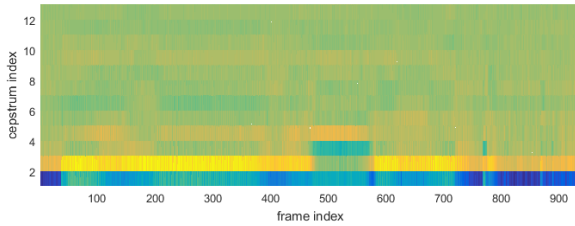
(d) Q.S.Al-ikhlas:1 perempuan 2

**Gambar 9:** Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap *speaker* pada Q.S.Al-ikhlas:1

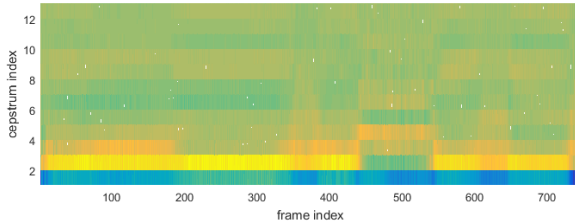
10. Fitur sinyal bacaan pada data uji Q.S.Al-ikhlas:2



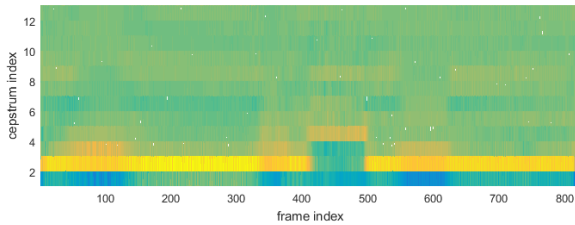
(a) Q.S.Al-ikhlas:2 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-ikhlas:2 laki-laki 2



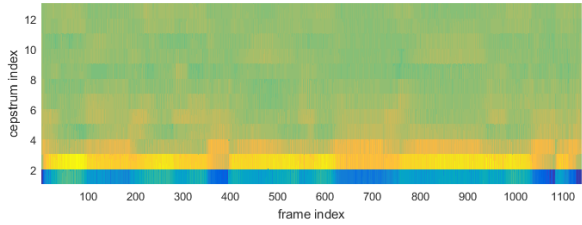
(c) Q.S.Al-ikhlas:2 perempuan 1



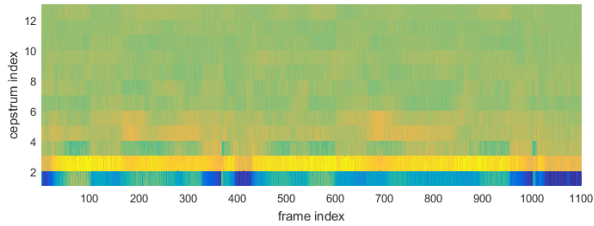
(d) Q.S.Al-ikhlas:2 perempuan 2

**Gambar 10:** Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap *speaker* pada Q.S.Al-ikhlas:2

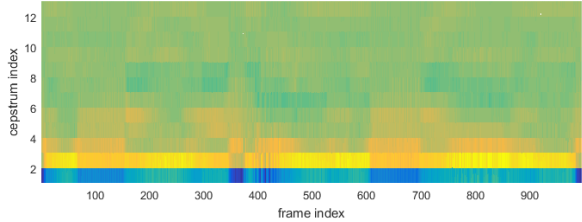
## 11. Fitur sinyal bacaan pada data uji Q.S.Al-ikhlas:3



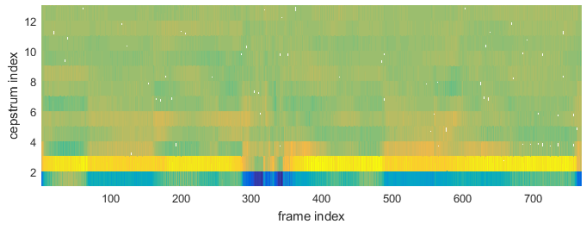
(a) Q.S.Al-ikhlas:3 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-ikhlas:3 laki-laki 2



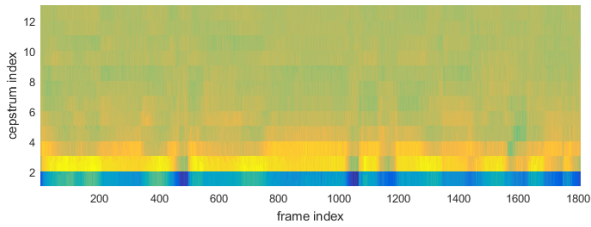
(c) Q.S.Al-ikhlas:3 perempuan 1



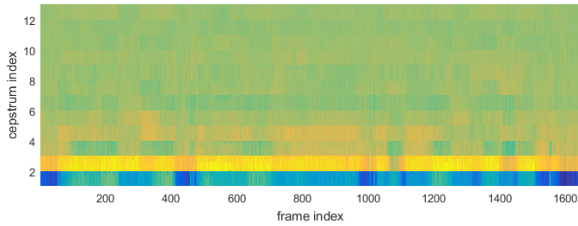
(d) Q.S.Al-ikhlas:3 perempuan 2

**Gambar 11:** Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap *speaker* pada Q.S.Al-ikhlas:3

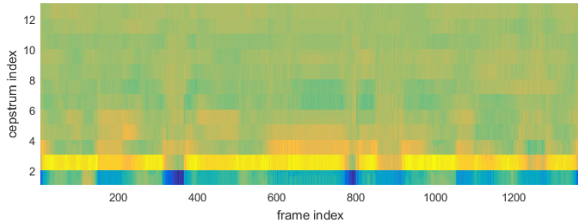
12. Fitur sinyal bacaan pada data uji Q.S.Al-ikhlas:4



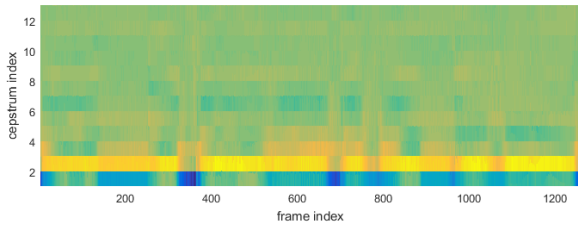
(a) Q.S.Al-ikhlas:4 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-ikhlas:4 laki-laki 2



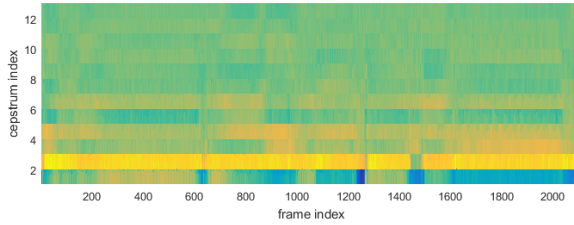
(c) Q.S.Al-ikhlas:4 perempuan 1



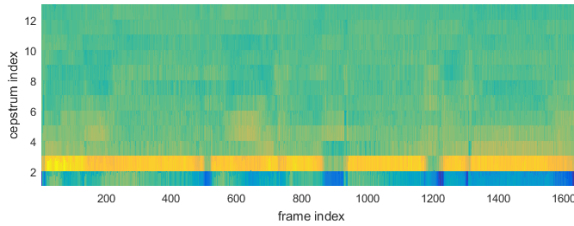
(d) Q.S.Al-ikhlas:4 perempuan 2

**Gambar 12:** Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap *speaker* pada Q.S.Al-ikhlas:4

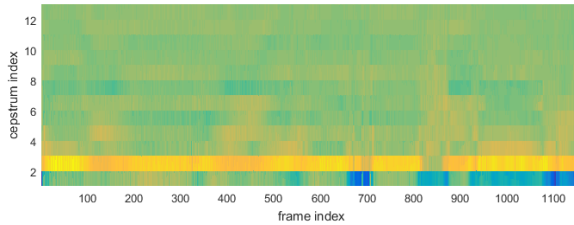
13. Fitur sinyal bacaan pada data uji Q.S.Al-kafrun:1



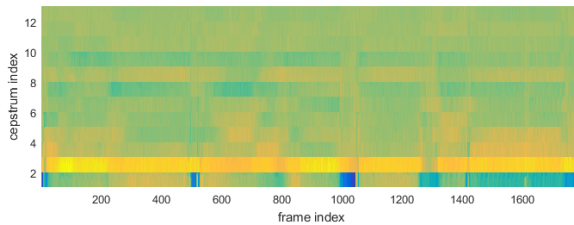
(a) Q.S.Al-kafrun:1 laki-laki 1



(b) Q.S.Al-kafrun:1 laki-laki 2



(c) Q.S.Al-kafrun:1 perempuan 1



(d) Q.S.Al-kafrun:1 perempuan 2

**Gambar 13:** Perbedaan fitur rekaman bacaan data uji setiap *speaker* pada Q.S.Al-kafrun:1

**Tabel 1:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 2

Acuan	Speaker						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	16195	16606	16147	20073	11990	26534	23422
Al-Falaq:1	16606	17406	15998	15842	15120	21506	24869
Al-Ikhlâs:1	17718	16969	12812	32993	70211	23535	23094
Al-Ikhlâs:2	23552	21395	18122	19958	15253	23855	42473
Al-Ikhlâs:3	20450	19226	16732	11902	6410	16533	27421
Al-Ikhlâs:4	24902	23644	21021	40421	33966	16120	50999
Al-Kafirun:1	21052	19380	18099	9676	11640	17975	8025
Hasil identifikasi	B	S	B	S	B	B	B

**Tabel 2:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 2

Surah	Speaker						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	12135	14690	14282	18343	16279	21019	18185
Al-Falaq:1	14690	9744	12784	15266	14737	19044	17301
Al-Ikhlâs:1	14282	12784	7904	28214	16347	48417	16512
Al-Ikhlâs:2	18343	15266	28214	4926	74759	28099	36688
Al-Ikhlâs:3	16279	14737	16347	74759	2951	27682	22506
Al-Ikhlâs:4	21019	19044	48417	28099	27682	19617	49448
Al-Kafirun:1	18185	17301	16512	36688	22506	49448	2997
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	S	B

**Tabel 3:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 1 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 2

Acuan	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlās:1	Al-Ikhlās:2	Al-Ikhlās:3	Al-Ikhlās:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	13909	15804	14797	17154	17683	19723	17215
Al-Falaq:1	14357	13702	13601	13884	14709	17371	16089
Al-Ikhlās:1	12840	12456	10101	63521	61135	79433	14789
Al-Ikhlās:2	15832	15957	26126	17379	12228	25631	33049
Al-Ikhlās:3	14156	14731	17539	12391	6554	13318	19568
Al-Ikhlās:4	19589	19672	51666	42741	35968	39437	48344
Al-Kafirun:1	18303	18777	15754	14474	13553	72480	7099
Hasil identifikasi	S	S	B	S	B	S	B

**Tabel 4:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 2 dan acuan rekaman bacaan laki-laki 2

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlās:1	Al-Ikhlās:2	Al-Ikhlās:3	Al-Ikhlās:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	25453	22140	21062	16026	14994	17890	24652
Al-Falaq:1	25055	17434	18048	14075	13362	16337	23403
Al-Ikhlās:1	24610	17405	16859	40977	69478	79718	22023
Al-Ikhlās:2	29478	21909	29933	26718	32578	17568	29624
Al-Ikhlās:3	27022	20768	17220	18060	20776	81116	17190
Al-Ikhlās:4	31431	24031	47460	48051	56294	34001	35270
Al-Kafirun:1	28817	22828	10542	10777	12567	10313	9160
Hasil identifikasi	S	B	S	S	S	S	B

**Tabel 5:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan perempuan 1

Acuan	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	12803	17507	14291	15418	80568	22569	23693
Al-Falaq:1	17507	17439	15540	16365	16440	24464	24913
Al-Ikhlâs:1	18732	18014	13110	95567	94244	27033	22012
Al-Ikhlâs:2	22586	21005	15893	5712	73091	23255	20919
Al-Ikhlâs:3	22538	21467	16793	36151	2858	17362	19923
Al-Ikhlâs:4	23216	21768	18252	65300	53644	15378	12168
Al-Kafirun:1	20649	18651	16716	54559	69872	21758	12413
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	B	S

**Tabel 6:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan perempuan 1

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	13909	14357	12840	15832	14156	19589	18303
Al-Falaq:1	15804	13702	12456	15957	14731	19672	18777
Al-Ikhlâs:1	14797	13601	7728	26126	17539	51666	15754
Al-Ikhlâs:2	17154	13884	63521	17379	12391	42741	14474
Al-Ikhlâs:3	17683	14709	61135	12228	6554	35968	13553
Al-Ikhlâs:4	19723	17371	79433	25631	13318	39437	72480
Al-Kafirun:1	17215	16089	14789	33049	19568	48344	7099
Hasil identifikasi	B	S	B	S	B	S	B



**Tabel 7:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 1 dan acuan rekaman bacaan perempuan 1

Acuan	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	9836	10241	12008	13671	13928	17229	14856
Al-Falaq:1	10241	8931	10531	13224	14538	17204	13691
Al-Ikhlâs:1	12008	10531	4864	56892	82631	10926	10654
Al-Ikhlâs:2	13671	13224	56892	1593	49937	98099	99750
Al-Ikhlâs:3	13928	14538	82631	49937	1192	70862	88931
Al-Ikhlâs:4	17229	17204	10926	98099	70862	3405	63652
Al-Kafirun:1	14856	13691	10654	99750	88931	63652	2692
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	B	B

**Tabel 8:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 2 dan acuan rekaman bacaan perempuan 1

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	22254	18247	18463	12854	11646	15737	22929
Al-Falaq:1	22534	17861	17585	12583	12093	15481	22577
Al-Ikhlâs:1	23252	17133	9737	75291	76507	10615	18254
Al-Ikhlâs:2	24750	17627	11655	4315	75650	75302	18615
Al-Ikhlâs:3	26594	19812	11217	7517	11082	43403	15245
Al-Ikhlâs:4	28394	21845	88547	9242	9223	2813	96520
Al-Kafirun:1	25907	20365	82152	61932	79739	74060	12917
Hasil identifikasi	B	S	B	B	S	B	B

**Tabel 9:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 1 dan acuan rekaman bacaan perempuan 2

Acuan	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	14265	27010	23625	27798	90250	33517	31755
Al-Falaq:1	27010	22571	20311	20244	20818	26691	28879
Al-Ikhlâs:1	24149	22764	17415	94783	91199	20856	14413
Al-Ikhlâs:2	20059	19567	15457	4202	9118	25255	17006
Al-Ikhlâs:3	19828	18543	15056	85915	11634	29399	18030
Al-Ikhlâs:4	21952	21124	17193	57648	29799	13924	14876
Al-Kafirun:1	28115	24648	24176	14682	12187	96009	12289
Hasil identifikasi	B	S	S	B	S	B	B

**Tabel 10:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan laki-laki 2 dan acuan rekaman bacaan perempuan 2

Surah	<i>Speaker</i>						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	25453	25055	24610	29478	27022	31431	28817
Al-Falaq:1	22140	17434	17405	21909	20768	24031	22828
Al-Ikhlâs:1	21062	18048	16859	29933	17220	47460	10542
Al-Ikhlâs:2	16026	14075	40977	2672	18060	48051	10777
Al-Ikhlâs:3	14994	13362	69478	32578	20776	56294	12567
Al-Ikhlâs:4	17890	16337	79718	17568	81116	34001	10313
Al-Kafirun:1	24652	23403	22023	29624	17190	35270	9160
Hasil identifikasi	S	S	B	B	S	S	B

**Tabel 11:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 1 dan acuan rekaman bacaan perempuan 2

Acuan	Speaker						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	22254	22534	23252	24750	26594	28394	25907
Al-Falaq:1	18247	17861	17133	17627	19812	21845	20365
Al-Ikhlâs:1	18463	17585	9737	11655	11217	88547	82152
Al-Ikhlâs:2	12854	12583	75291	4315	7517	9242	61932
Al-Ikhlâs:3	11646	12093	76507	75650	11082	9223	79739
Al-Ikhlâs:4	15737	15481	10615	75302	43403	2813	74060
Al-Kafirun:1	22929	22577	18254	18615	15245	96520	12917
Hasil identifikasi	S	S	B	B	S	B	B

79

**Tabel 12:** Nilai jarak antara data uji rekaman bacaan perempuan 2 dan acuan rekaman bacaan perempuan 2

Surah	Speaker						
	An-naas:1	Al-Falaq:1	Al-Ikhlâs:1	Al-Ikhlâs:2	Al-Ikhlâs:3	Al-Ikhlâs:4	Al-Kafirun:1
An-naas:1	19793	20804	22742	25839	25684	28154	29732
Al-Falaq:1	20804	14255	18761	19140	19104	21202	25446
Al-Ikhlâs:1	22742	18761	7480	11354	11402	82045	10567
Al-Ikhlâs:2	25839	19140	11354	3985	4488	9468	18082
Al-Ikhlâs:3	25684	19104	11402	4488	3171	10022	18954
Al-Ikhlâs:4	28154	21202	82045	9468	10022	2331	10625
Al-Kafirun:1	29732	25446	10567	18082	18954	10625	6157
Hasil identifikasi	B	B	B	B	B	B	B

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIOGRAFI PENULIS



Hasbiya Diona Arani, lahir pada 24 Maret 1996 di Jombang, Jawa Timur. Penulis lulus dari SMP Negeri 1 Jombang pada tahun 2010 kemudian melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 3 Jombang hingga akhirnya lulus pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Strata satu ke Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro, ITS Surabaya bidang studi Telematika. Saat di kuliah penulis aktif menjadi Asisten laboratorium B201 (Telematika). Selama masa kuliah penulis aktif sebagai kru ITS TV, dan pernah menjabat sebagai produser program Bincang ITS periode 2016/2017. Penulis juga aktif dalam komunitas Aksi Muda Jombang yang bergerak dalam bidang pendidikan dan sosial. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail [hasbiya.77@gmail.com](mailto:hasbiya.77@gmail.com) atau whatsapp +6287754034074.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*